



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Farmacia y Bioquímica

Escuela Profesional de Toxicología

**Niveles de arsénico y cadmio en muestras de cebolla
(*Allium cepa*) expendidas en la ciudad de Lima**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Toxicólogo

AUTOR

Mayra Katherine JUAN DE DIOS MIRANDA

ASESOR

Mesías Moisés GARCÍA ORTIZ

Lima, Perú

2018



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Juan De Dios M. Niveles de arsénico y cadmio en muestras de cebolla (*Allium cepa*) expendidas en la ciudad de Lima [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Toxicología; 2018.



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Decanato



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado Examinador y Calificador de la Tesis titulada:

**NIVELES DE ARSÉNICO Y CADMIO EN MUESTRAS DE CEBOLLA (*Allium cepa*)
EXPENDIDAS EN LA CIUDAD DE LIMA**

Que presenta la Bachiller en Toxicología:


MAYRA KATHERINE JUAN DE DIOS MIRANDA

Que reunidos en la fecha se llevó a cabo la **SUSTENTACIÓN** de la **TESIS**, y después de las respuestas satisfactorias a las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado, y practicada la votación han obtenido la siguiente calificación:


DIECIOCHO (18) SOBRESALIENTE


en conformidad con el Art. 34.º del Reglamento para la obtención del Grado Académico de Bachiller en Toxicología y Título Profesional de Toxicólogo (a) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Lima, 14 de setiembre de 2018


Q.F. TOX. Jesús Víctor Lizano Gutiérrez
Presidente


Mg. Tania Torres Aguilar
Miembro


Mg. José Antonio Llahuilla Quea
Miembro


Q.F. Luz Fabiola Guadalupe Sifuentes
Miembro

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"

DEDICATORIA

A Dios, por darme fuerzas para seguir adelante y no dejarme vencer por los obstáculos que se me presentaron en el camino.

A mi papá German y mi tía Asunta, por sus consejos, su confianza y su amor sincero brindado todos estos años.

A mi mamá Vicentina, quien siempre ha estado conmigo, ha creído en mí y me ha motivado a ir detrás de mis metas. Lo que soy ahora es por ella.

A mis hermanos Jorge Luis y Marco Antonio por haber hecho de mi infancia la mejor, pese a los días difíciles que pudimos pasar. Siempre fueron el mejor ejemplo de superación que pude tener.

A mi ángel en el cielo Víctor Hugo, que aunque físicamente ya no esté presente, es mi principal motivación para alcanzar mis metas y tener siempre en cuenta que este logro es solo un escalón más para lograr mi tan ansiado sueño.

A mis amigos a quienes ahora puedo llamar colegas, por todos los momentos vividos dentro y fuera de la Universidad y que contribuyeron en mí a ser la persona que soy ahora. Definitivamente conocerlos fue la mejor experiencia de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por mi formación profesional y personal además de brindarme las herramientas necesarias para poder desarrollarme en todos los campos de la vida.
- Al Dr. Mesías Moisés García Ortiz, por orientarme durante el desarrollo de esta tesis, y porque con sus consejos y apoyo contribuyó a que el presente trabajo finalice.
- A los señores miembros del Jurado Calificador y Examinador:
 - Q.F. TOX. Jesús Víctor Lizano Gutiérrez (Presidente del Jurado)
 - Q.F. Luz Fabiola Guadalupe Sifuentes
 - Mg. José Antonio Llahuilla Quea
 - Mg. Tania Torres Aguilar

Por sus sugerencias, aportes, recomendaciones y paciencia que han permitido mejorar el presente trabajo de investigación.

- A la Facultad de Farmacia y Bioquímica, en especial a la Escuela Profesional de Toxicología por formarme como profesional y brindarme todas las enseñanzas y el conocimiento que he adquirido durante mi etapa de estudiante de pregrado.

ABREVIATURAS

Codex Alimentarius	Código de los Alimentos
a.C.	Antes de Cristo
ACGIH	Conferencia americana de Higienistas Industriales Gubernamentales
ADN	Ácido Desoxirribonucleico
AESAN	Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición
As	Arsénico
BAL	Anti-lewisita británica o Dimercaprol
BMDL	Modelo de dosis de referencia
Ca	Calcio
CaNa₂EDTA	Ácido Etilen Diamino Tetraacético Calcio Disódico
Cd	Cadmio
Cr	Cromo
Cu	Cobre
DMA	Dimetilarsénico
DMSA	Ácido 2,3 Dimercaptosuccínico
ECA	Estándar de Calidad Ambiental
EPA	Asociación de Protección Ambiental
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FDA	Food Drug Administration
Fe	Hierro
GSH	Glutation
HCl	Ácido Clorhídrico
Hg	Mercurio
HNO₃	Ácido Nítrico
H₂SO₄	Ácido Sulfúrico
iAs	Arsénico inorgánico
IARC	Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer
ICP-MS	Espectrometría masas por plasma acoplado inductivamente
IDA	Ingesta Diaria Admisible

INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
IMTP	Ingesta Mensual Tolerable Provisional
ISTP	Ingesta Semanal Tolerable Provisional
JECFA	Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios
K	Potasio
kcal	Kilocalorías
LMP	Límite Máximo Permitido
LCT1	Transportador específico de Calcio
MINAM	Ministerio del Ambiente
MMA	Monometilarsénico
Mn	Manganeso
Mod.	Modificado
MTs	Metalotioneínas
Ni	Níquel
NIOSH	Instituto Nacional para la Seguridad y la Salud Ocupacional
OMS	Organización Mundial de la Salud.
OSHA	Administración de Seguridad y Salud Ocupacional
PEL	Límite de Exposición Permisible
Pb	Plomo
Ppb	Partes por billón
Ppm	Partes por millón
PTWI	Ingesta semanal tolerable provisional
S	Azufre
SENASA	Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria
-SH	Grupos Sulfhidrilos
TLV	Valor Umbral Límite
TWA	Tiempo Promedio Ponderado
UE	Unión Europea
UFC	Unidades Formadoras de colonias
USAQ	Unidad de Servicios de Análisis Químicos
V	Vanadio
Zn	Zinc

ÍNDICE

RESUMEN SUMMARY

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVOS	3
1.1.1. GENERAL	3
1.1.2. ESPECÍFICOS	3
1.2. HIPÓTESIS	4
II. GENERALIDADES	5
2.1. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS	5
2.2. CEBOLLA (<i>Allium cepa</i>)	15
2.2.1. Origen	15
2.2.2. Cultivo en el Perú	15
2.2.3. Aspectos botánicos de la cebolla	17
2.2.3.1. Taxonomía de la cebolla	17
2.2.3.2. Partes de la cebolla	18
2.2.4. Valor nutricional de la cebolla	22
2.2.5. Consumo de la cebolla	23
2.2.6. Beneficios para la salud	24
2.3. ARSÉNICO	25
2.3.1. Etiología	25
2.3.2. Fuentes de Intoxicación	27
2.3.3. Toxicocinética	30
2.3.3.1. Absorción	30
2.3.3.2. Distribución	30
2.3.3.3. Bioacumulación	31
2.3.3.4. Excreción	31
2.3.4. Toxicodinamia	31
2.3.4.1. Mecanismo de acción	32
2.3.5. Sintomatología Clínica	34
2.3.5.1. Intoxicación Aguda	34
2.3.5.2. Intoxicación Crónica	35
2.3.6. Tratamiento	35

2.3.7. Química Ambiental del Arsénico	36
2.3.8. Límites establecidos para Arsénico.....	38
2.4. CADMIO	38
2.4.1. Etiología.....	38
2.4.2. Fuentes de Intoxicación	39
2.4.3. Toxicocinética.....	39
2.4.3.1. Absorción.....	39
2.4.3.2. Distribución	41
2.4.3.3. Bioacumulación.....	41
2.4.3.4. Excreción	42
2.4.4. Toxicodinamia.....	44
2.4.4.1. Mecanismo de acción	44
2.4.5. Sintomatología Clínica.....	45
2.4.5.1. Intoxicación Aguda	46
2.4.5.2. Intoxicación Crónica.....	46
2.4.6. Tratamiento.....	47
2.4.7. Química Ambiental del Cadmio.....	49
2.4.8. Límites establecidos para Cadmio	50
III. PARTE EXPERIMENTAL	52
3.1. OBTENCIÓN Y RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.....	52
3.1.1. Área de Estudio.....	52
3.1.2. Muestreo	53
3.2. TOMA DE MUESTRA	53
3.3. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LAS MUESTRAS DE CEBOLLA	55
3.3.1. Peso de las muestras.....	55
3.3.2. Determinación del pH.....	56
3.3.3. Determinación del Rendimiento	56
3.3.4. Determinación del Humedad.....	56
3.3.5. Cenizas.....	57
3.4. DETERMINACIÓN DEL ARSÉNICO Y CADMIO	57
3.4.1. Fundamento del Método empleado.....	57
3.4.2. Preparación de estándares para As	59
3.4.3. Preparación de estándares para Cadmio	60
3.5. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS	60

3.5.1. Materiales	60
3.5.2. Reactivos	61
3.5.3. Equipos	62
3.6. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA	63
3.6.1. Medición de las muestras de Cebolla.....	63
3.6.2. Curva de Calibración de Cadmio	64
3.6.3. Curva de Calibración de Arsénico.....	65
IV. RESULTADOS.....	66
V. DISCUSIÓN.....	82
VI. CONCLUSIONES.....	86
VII. RECOMENDACIONES	87
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88
ANEXOS.....	96

INDICE DE FIGURAS

Figura N°1 Variedades de Cebolla.....	15
Figura N°2 Principales países productores de cebolla a nivel mundial.....	16
Figura N°3 Sistema radicular de la Cebolla.....	19
Figura N°4 Formas de los bulbos de las cebollas.....	21
Figura N°5 Inflorescencia de Cebolla con tallo	22
Figura N°6 Biotransformación del Arsénico inorgánico.....	33
Figura N°7 Dinámica del Arsénico en el ambiente.....	37
Figura N°8 Toxicocinética del Cadmio.....	43
Figura N°9 Toxicología del Cadmio. Vía metabólica de la Beta 2 microglobulina.....	45
Figura N°10 Capacidad de Acumular Cd en diversos tipos de plantas.....	49
Figura N°11 Mapa del Departamento de Lima por distritos.....	52
Figura N°12 Esquema de los constituyentes de un equipo de Espectrofotometría de Absorción Atómica.....	57
Figura N°13 Curva de calibración del Cadmio.....	64
Figura N°14 Curva de calibración del Arsénico	65
Figura N°15 Distribución de muestras según su lugar de origen y su procedencia.....	67
Figura N°16 Concentración de Cadmio (mg/kg) en cada mercado.....	68
Figura N°17 Concentración de Cadmio (mg/kg) en cada mercado comparado con los Límites Máximos establecidos por la OMS/FAO.....	69

Figura N°18 Media de la Concentración de Cadmio (mg/kg) en cada distrito comparado con los Límites máximos establecidos por la OMS/FAO.....	71
Figura N°19 Concentración de Arsénico (mg/kg) en cada mercado.....	72
Figura N°20 Concentración de Arsénico (mg/kg) en cada mercado comparado con los Límites Máximos establecidos por la OMS/FAO.....	73
Figura N°21 Media de la Concentración de Arsénico (mg/kg) en cada distrito comparado con los Límites máximos establecidos por la OMS/FAO.....	75
Figura N°22 Histograma de los Niveles de Cd procedentes de la zona Norte.....	76
Figura N°23 Histograma de los Niveles de Cd procedentes de la zona Sur.....	77
Figura N°24 Histograma de los Niveles de As procedentes de la zona Norte.....	78
Figura N°25 Histograma de los Niveles de As procedentes de la zona Sur.....	79
Figura N°26 Media de la Concentración de Cd procedentes de las zonas Norte y Sur.....	80
Figura N°27 Media de la Concentración de As procedentes de las zonas Norte y Sur.....	81

INDICE DE TABLAS

Tabla N°1 Encuesta Nacional de Presupuestos Familiares.....	17
Tabla N°2 Composición nutricional de la cebolla.....	23
Tabla N°3 Normas y regulaciones Internacionales para arsénico inorgánico.....	29
Tabla N°4 Distritos de la Ciudad de Lima en donde se realizó el muestreo de cebollas.....	53
Tabla N°5 Mercados de Lima Norte en donde se realizó el muestreo de cebollas y la procedencia de las muestras.....	54
Tabla N°6 Mercados de Lima Centro en donde se realizó el muestreo de cebollas y su lugar de procedencia.....	54
Tabla N°7 Mercados de Lima Sur en donde se realizó el muestreo de cebollas y su lugar de procedencia.....	55
Tabla N°8 Peso total de una muestra representativa y peso promedio de las muestras de cebolla según su lugar de procedencia.....	55
Tabla N°9 Medición del pH de las muestras de cebolla según su lugar de procedencia.....	56
Tabla N°10 Porcentaje de rendimiento de las muestra de cebolla según su lugar de procedencia.....	56
Tabla N°11 Humedad y humedad promedio de las muestras de cebolla según su lugar de procedencia.....	56
Tabla N°12 Determinación de las cenizas totales en las muestras de cebolla según su lugar de procedencia.....	57

Tabla N°13 Datos y resultados por cada mercado de la concentración de Cd y As.....	66
Tabla N°14 Media de los Niveles de Cadmio (mg/kg) según distrito.....	70
Tabla N°15 Media de los niveles de Arsénico (mg/kg) según distrito.....	74
Tabla N°16 Estadísticas descriptivas de Niveles de Cd (mg/kg) procedentes de la Zona Norte.....	76
Tabla N°17 Estadísticas descriptivas de Niveles de Cd (mg/kg) procedentes de la Zona Sur.....	77
Tabla N°18 Estadísticas descriptivas de Niveles de As (mg/kg) procedentes de la Zona Norte.....	78
Tabla N°19 Estadísticas descriptivas de Niveles de As (mg/kg) procedentes de la Zona Sur.....	79
Tabla N°20 Comparación de medias de Niveles de Cd (mg/kg) procedentes de la Zona Norte y Zona Sur.....	80
Tabla N°21 Comparación de medias de Niveles de As (mg/kg) procedentes de la Zona Norte y Zona Sur.....	81

RESUMEN

Se realizó el estudio para determinar los Niveles de Cadmio y Arsénico en muestras de Cebolla (*Allium cepa*) en la ciudad de Lima Metropolitana. Para ello se tomó un total de 30 muestras, 10 muestras en Lima Norte (San Martín de Porres, Los Olivos, Independencia, Comas y Puente Piedra), 10 muestras en Lima Sur (Chorrillos, Villa María del Triunfo, Villa El Salvador, San Juan de Miraflores y Surco) y 10 muestras en Lima Centro (Cercado de Lima, Jesús María, Pueblo Libre, La Victoria y Rímac), donde se tomaron 2 muestras por distrito y al azar, de las cuales se indagó, en cada mercado durante su recolección, el lugar de procedencia de las mismas. Los análisis se realizaron en la Unidad de Servicios de Análisis Químicos (USAQ), empleándose para la cuantificación de estos metales el método analítico de Absorción Atómica – Horno de Grafito.

Como resultado se obtuvo que la concentración de Cadmio en las muestras de cebolla presentó una media de 0,06 mg/kg y la de Arsénico una media de 42,0 µg/kg; lo cual indica que la concentración de ambos metales, superan el Nivel Máximo establecido por la OMS/FAO (Codex Alimentarius; Cd=0,05 mg/kg; As=0-20 µg/kg). Se determinó que en las muestras de cebolla (*Allium cepa*) procedentes de la Zona Sur (Arequipa), se acumulan mayor concentración de Cadmio y Arsénico en comparación con las muestras que proceden de la Zona Norte (Huaral y Trujillo).

Palabras claves: Arsénico, Cadmio, Metales pesados, *Allium cepa*, hortalizas de bulbo, Contaminación en alimentos.

SUMMARY

The study was carried out to determine the levels of Cadmium and Arsenic in samples of Onion (*Allium cepa*) in the city of Metropolitan Lima. For this, a total of 30 samples were taken, 10 samples in North Lima (San Martín de Porres, Los Olivos, Independencia, Comas and Puente Piedra), 10 samples in South Lima (Chorrillos, Villa María del Triunfo, Villa El Salvador, San Juan de Miraflores and Surco) and 10 samples in Lima Centro (Cercado de Lima, Jesús María, Pueblo Libre, La Victoria and Rímac), where 2 samples were taken per district and at random, of which one inquired, in each market during its collection, the place of origin of the same. The analyzes were carried out in the Chemical Analysis Services Unit (USAQ), using the analytical method of Atomic Absorption - Graphite Furnace for the quantification of these metals.

As a result, it was found that the concentration of Cadmium in onion samples showed an average of 0,06 mg/kg and that of Arsenic averaged 42,0 µg/kg; this indicates that the concentration of both metals exceeds the Maximum Level established by the WHO / FAO (Codex Alimentarius, Cd = 0,05 mg/kg, As = 0-20 µg/kg). It was determined that in samples of onion (*Allium cepa*) from the South Zone (Arequipa), accumulate higher concentration of Cadmium and Arsenic compared to samples from the North Zone (Huaral and Trujillo).

Keywords: Arsenic, Cadmium, Heavy metals, *Allium cepa*, bulb vegetables, Food contamination.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente la agricultura es una de las actividades económicas que más divisas le genera a nuestro país. Muchas de las zonas de donde proceden los diversos vegetales que consumimos en nuestra dieta diaria, se ven expuestos a diversos contaminantes ambientales, los cuales proceden sobre todo del agua que se usa para su regadío y que muchas veces es contaminada por la minería, el uso excesivo de plaguicidas, los desechos que son arrojados cerca a lugar de siembra, entre otros.

Las verduras y las hortalizas en general aportan muchos beneficios desde el punto de vista nutricional y a su vez ayudan a la prevención de diversas enfermedades, pero al encontrarse expuestas a diversos contaminantes ambientales, entre ellos el arsénico y el cadmio, hacen que su valor nutritivo se vea disminuido y al contrario su consumo podría resultar perjudicial para el ser humano.

Se sabe que un consumo prolongado de Cadmio trae consigo afecciones de tipo renal como nefritis que puede evolucionar hacia una grave insuficiencia renal, también puede interferir en los receptores de los estrógenos y comportarse como un perturbador endocrino. También puede ser neurotóxico especialmente en un cerebro en desarrollo y sobre todo es considerado por la IARC como cancerígeno del grupo 1B⁽⁷⁾.

Mientras que el consumo de Arsénico a largo plazo puede producir lesiones cutáneas, así como también cambios en la pigmentación, hiperqueratosis y puede ser precursor de cáncer a la piel, vejiga y pulmón. También está relacionado con problemas relacionados con el desarrollo, neurotoxicidad, diabetes y enfermedades pulmonares y cardiovasculares⁽⁶¹⁾.

Se utilizó para este trabajo una hortaliza de bulbo de gran consumo entre la población como la cebolla (*Allium cepa*) debido a su uso en diversos platos que se consumen diariamente, ya que tiene muchas propiedades como favorecer la circulación sanguínea. Además, debido a que contiene sílice, ayuda a prevenir la trombosis y el envejecimiento de las venas y arterias. Incluso ayuda a reducir el colesterol en la sangre y aumenta la capacidad de disolver los coágulos internos, lo que previene la trombosis coronaria. Su distribución es masiva a nivel de los diversos mercados de Lima Metropolitana permitiendo así que se expendan a la población sin control alguno.

Por todo lo ya mencionado, con la realización de este trabajo de investigación pretende determinar los niveles de Cadmio y Arsénico presentes en muestras de cebolla (*Allium cepa*) que se expenden en diferentes lugares de Lima, y a su vez comparar estos niveles encontrados, con los indicados por el Codex Alimentarius que establecen los Límites Máximos Permisibles de metales pesados presente en todas las hortalizas de bulbo, siendo 0-20 ug/kg y 0,05 mg/kg para Arsénico y Cadmio respectivamente. Para lo cual se utilizará el método de Espectrometría de Absorción Atómica – Horno de Grafito para el análisis de ambos metales en la muestra.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. GENERAL

Determinar los niveles de Arsénico y Cadmio en muestras de cebolla (*Allium cepa*) expendidas en la ciudad de Lima.

1.1.2. ESPECÍFICOS

1. Determinar la concentración de Arsénico en las muestras de cebolla (*Allium cepa*) expendidas en la Ciudad de Lima por Espectrometría de Absorción Atómica-Horno de Grafito.
2. Determinar la concentración de Cadmio en las muestras de cebolla (*Allium cepa*) expendidas en la Ciudad de Lima por Espectrometría de Absorción Atómica-Horno de Grafito.
3. Verificar si la concentración de Arsénico obtenidos en las muestras de cebolla (*Allium cepa*) superan los parámetros establecidos por el Codex Alimentarius, OMS/FAO.
4. Verificar si la concentración de Cadmio obtenidos en las muestras de cebolla (*Allium cepa*) superan los parámetros establecidos por el Codex Alimentarius, OMS/FAO.

1.2. HIPÓTESIS

La concentración de Arsénico y Cadmio en muestras de cebolla (*Allium cepa*) comercializados en la Ciudad de Lima sobrepasan los límites máximos permitidos dados por el Codex Alimentarius, OMS/FAO.

II. GENERALIDADES

2.1. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

- Los procesos industriales liberan sustancias tóxicas al suelo, aire y agua, entrando muchas de ellas a la cadena alimenticia de los ecosistemas mediante diversas rutas y formas químicas. Es larga la lista de los componentes venenosos en los alimentos que incluyen sustancias orgánicas e inorgánicas predominando los metales pesados, los cuales son conocidos debido a que causan daños a la salud, teniendo entre ellos el plomo y cadmio, es por esto que existe un estudio cuya finalidad fue determinar el nivel de contaminación de estos elementos en frutas como el plátano y papaya además de verduras como el choclo, el camote y la albahaca de la zona del valle de Ilo, en el departamento de Moquegua, donde existen grandes plantas metalúrgicas cuya principal actividad es la fundición de cobre procedentes de las minas de Cuajone en Moquegua y Toquepala en Tacna. Como resultado se determinó que la muestra de papaya tuvo mayor contenido de plomo y cadmio en comparación con las otras muestras analizadas y que de forma general en todas las demás muestras se halló gran cantidad de plomo. ⁽⁷⁾
- Se realizó un análisis de los niveles de diversos metales pesados como: plomo (Pb), cadmio (Cd), arsénico (As) y mercurio (Hg) en agua, suelo y en la parte comestible de las plantas el cual se desarrolló en muestras de lechuga, apio, repollo y brócoli en una finca en Soacha, Cundinamarca, ubicada en la cuenca media del río Bogotá. Se encontró que las concentraciones de Cd en el agua del riego estuvieron cercanas a los límites establecidos por las normas vigentes nacionales e internacionales, mientras que los niveles en el suelo de las dos plantaciones estuvieron dentro del rango normal, mientras que en las cuatro

hortalizas, la concentración de Pb supero la concentración máxima permitida en alimentos para lactantes y niños de corta edad establecida por la Unión Europea. Se concluyó que la lechuga acumuló niveles más altos de metales pesados que las otras tres especies. ⁽⁴²⁾

- En un estudio donde se analizó dos muestras de *Hydrocotyle asiática* L. de diferente procedencia y *Fucus vesiculosus* L. se detectó concentraciones de Cadmio que excedieron el límite de 0,3 mg/kg propuesto para hierbas medicinales por la OMS. En los cocimientos realizados con *Hydrocotyle asiatica* L., *Fucus vesiculosus* L. y en la infusión realizada con *Hydrocotyle asiatica* L. se halló concentraciones de Cadmio que excedieron el límite de 3,0 µg/L para líquidos de consumo propuesto por la OMS, considerando el PTWI de Cadmio se observó que solo el cocimiento realizado con *Hydrocotyle asiatica* L. alcanzó el límite propuesto, por lo que se concluyó que las demás infusiones y cocimientos serían aptos para consumo humano aunque se excedan del límite de 3,0 µg/L propuesto por la OMS. ⁽¹¹⁾
- Según un estudio realizado en plantas, los altos niveles de metales pesados como plomo, níquel, cadmio y manganeso, presentes en suelos y agua negra, utilizada para riego agrícola pueden ser acumulados en estos sistemas de suma importancia para la agricultura, debido a su carácter no biodegradable, a la toxicidad que ejercen sobre los diferentes cultivos y su biodisponibilidad haciendo que puedan resultar peligrosos. Se analizó la presencia de Cadmio ya que es un metal pesado presente en los alimentos siendo la principal fuente de exposición para la mayoría de las personas, por lo que se ha establecido en la mayoría de las zonas no contaminadas con Cd que la ingesta diaria media en los alimentos se encuentra entre 10-40 µg y en zonas contaminadas con este

metal, alcance varios cientos de μg al día. Se concluyó así que la contaminación de suelos y plantas por presencia de metales tóxicos tuvo influencia de las diversas actividades antropogénicas. ⁽⁵⁴⁾

- El suelo es un recurso natural así como también el medio receptor de residuos y contaminantes. Cuando no existe aprovechamiento de la vegetación, los elementos se reciclan y los contenidos se mantienen, en caso de no haber aporte antropogénico. El plomo que es un contaminante ambiental así como también un metal pesado, resulta altamente tóxico y puede acumularse en los organismos vivos por no tener una función biológica definida, mientras que el arsénico es un micronutriente requerido en cantidades traza, por plantas y animales; necesario para que los organismos completen su ciclo vital; pero superado un umbral se vuelve tóxico, produciendo cáncer y pudiendo conducir a la muerte. Las fuentes más importantes de exposición a estos metales para los seres humanos son los alimentos y el agua ya que la mayoría del arsénico y plomo presente en el cuerpo proviene de la alimentación. Estos elementos después de ingeridos llegan al intestino donde son absorbidos por el sistema sanguíneo y distribuido a todo el cuerpo. ⁽³⁷⁾
- Las principales fuentes de contaminación de hortalizas es la ambiental debido al plomo de la gasolina de los carros, a las emisiones de diferentes procesos industriales, los fertilizantes utilizados, el pH del suelo, y el riego de vegetales con agua contaminada, etc. En un estudio realizado en establecimientos localizados en el área metropolitana de Monterrey y analizadas mediante espectrofotometría de absorción atómica con digestión vía seca se obtuvo como resultado de los análisis en cuanto al contenido de plomo, cadmio y níquel, que todas las muestras presentaron una concentración por debajo del límite de

detección del equipo, lo mismo sucedió con el aluminio en calabacín, sin embargo una concentración considerable de este elemento fue detectada en rábano y brócoli. ⁽⁴⁵⁾

- En un estudio se determinó la concentración de metales pesados como plomo, cadmio y níquel en 35 muestras de hojas de cilantro (*Coriandrum sativum L*) y en 5 muestras de raíces, tallos y suelo del cultivo, en Ecuador. Se obtuvo como resultado que la concentración de plomo, cadmio y níquel fue mayor en el follaje que en raíces y tallos es por ello probable que las vías de incorporación de los metales pesados a la planta sean a través del suelo o por medio de deposición atmosférica. Se indicó también que el contenido de cadmio en las muestras fue superior al límite máximo permitido (LMP) en alimentos establecidos en el diario oficial de la Unión Europea que indican que es de 0,20 mg/kg en peso fresco, mientras en el plomo la concentración en las muestras fue inferior al límite de 0,30 mg/kg; en el caso de níquel no se pudo establecer una comparación pues no se encontraron límites oficiales para este metal que comprueben su toxicidad. ⁽⁹⁾
- Las pequeñas cantidades de los metales pesados sobre todo dentro de las plantas, las cuales los absorben vía raíces o vía foliar procedente del medio ambiente (suelo, aire, agua) pueden ser consideradas como peligrosas. En un estudio realizado en el Laboratorio de Química de la Universidad Nacional de Piura se analizó el contenido de metales pesados, utilizando el método instrumental de Espectrofotometría de Absorción Atómica en muestras de frutas como plátano, mango, manzana, naranja fresan palta, lima, ciruela, sandia y papaya. Los resultados obtenidos de las muestras analizadas, fueron concentraciones muy bajas de plomo, zinc, cadmio y arsénico, que al ser

comparados con los límites máximos permisibles dados por los organismos internacionales, no sobrepasaron los valores establecidos. Sin embargo este estudio indica que se debe tener en cuenta que cuando se habla de metales pesados las pequeñas cantidades pueden ser consideradas como peligrosas, dada la bioacumulabilidad de los mismos sobre todo si hablamos de los metales pesados tóxicos como el plomo, arsénico y cadmio. ⁽¹¹⁾

- Se determinaron las concentraciones de As y metales pesados Pb, Zn, Cu, Fe, Cd, en cuatro sustratos bajo la influencia de los jales mineros de “El Fraile” y se evaluó su acumulación y efectos en el desarrollo de plantas de maíz (*Zea mays* L.), crecidas en invernadero bajo condiciones controladas (temperatura, humedad relativa y radiación solar) por 70 días; también se evaluaron las concentraciones de metales para plantas de 30 días. El Zn y el Pb fueron los elementos con mayor concentración en los sustratos y en las plantas. En los sustratos, las concentraciones de Zn variaron de 175,2 a 161,93 mg/kg y las de Pb de 66,5 a 61,66 mg/kg. A los 70 días de crecimiento el Zn presentó concentraciones de 54,7 a 3555.4 mg/kg y el Pb de 11.1 a 320,3 mg/kg en las raíces. En la parte aérea se determinaron contenidos de 30,8 a 519,8 mg/kg para el Zn y de 3,7 a 38,5 mg/kg para el Pb. A los 30 días los contenidos de Zn en raíz variaron entre 88,9 y 504,8 mg/kg y los de Pb entre 25,2 y 300,9 mg/kg; en la parte aérea se determinaron concentraciones para el Zn de 15,5 a 555,6 mg/kg y para el Pb de 2,2 a 10,8 mg/kg. Se concluyó en el estudio que el Zn y Pb fueron los elementos que presentaron mayor concentración en las muestras, así como también el As que presentó también concentraciones altas. En cuanto al Cd, se recomendó mayor vigilancia de este metal debido a su toxicidad. ⁽⁶⁴⁾

- En un estudio se reportaron los niveles de Cu, Pb, Cd y Zn en suelos y hortalizas cultivadas en una zona altamente urbanizada de la ciudad de La Habana. Se estudiaron 17 fincas dedicadas a la agricultura urbana en un área de dos kilómetros alrededor del vertedero de “Calle 100” durante los años 2006 y 2007 y se tomaron muestras de suelo y de todas las hortalizas listas para cosechar obteniéndose que los niveles de los metales pesados en los suelos de cultivo variaron en los siguientes rangos: Cd (0.24-2.1 mg/kg), Cu (38.4-81.3 mg/kg), Pb (18.1-138.5 mg/kg) y Zn (44.1-294.7 mg/kg). Para Zn y Pb, los suelos de algunas fincas (un 35 y 52 % respectivamente) superaron los rangos en que estos metales se encuentran en los suelos agrícolas cubanos. Para el Pb, el 23 % de los suelos superaron los niveles considerados como fitotóxicos y límites en algunas normas internacionales, el 12.5 % de las muestras de hortalizas colectadas sobrepasaron los límites máximos permisibles de este contaminante en los alimentos destinados al consumo humano establecidos por la norma cubana. Los resultados indican la necesidad de tener una estricta vigilancia de los cultivos hortícolas de la zona. ⁽⁴⁹⁾
- En un estudio realizado por SENASA se analizó los granos de quinua (*Chenopodium quinoa*) de 10 regiones diferentes y consideradas como las de mayor área sembrada; a fin de plantear nuevas estrategias de vigilancia y manejo sanitario y fitosanitario para evitar rechazos por presencia de residuos químicos y otros contaminantes de lotes de quinua peruana exportados a los mercados internacionales, entre ellos el norteamericano. Se encontró que el Plomo (Pb), es el metal pesado con mayor registro y su presencia se detectó en 16 de las 50 muestras evaluadas de granos de quinua, con mayor presencia en Lambayeque (04) y Junín (03); seguido por el Cadmio (Cd) en 09 muestras de

las 50 evaluadas y, mayor presencia en Piura y Junín y; Arsénico (As) con 02 registros en muestras de Piura y Lambayeque. ⁽⁶⁶⁾

- En el presente trabajo de investigación se determinó las concentraciones de arsénico y plomo en el “jugo de caña de azúcar” (*Saccharum officinarum*) en los distritos de El Agustino, Rímac, Lima Cercado, La Victoria, San Juan de Lurigancho. El método utilizado para la determinación de arsénico fue Espectroscopia de Absorción Atómica por generador de hidruros y Absorción Atómica en horno de grafito para el plomo, debido a que es el método de elección según bibliografías actuales. Las muestras fueron recolectadas en 5 distritos más populosos de Lima Metropolitana: El Agustino, El Rímac, Lima Cercado, La Victoria, San Juan de Lurigancho, de los cuales se seleccionaron las avenidas más congestionadas y con alta carga de contaminación de aire y de suelos, que está relacionado con la mayor afluencia peatonal y vehicular según la gerencia de transporte urbano de la Municipalidad de Lima Metropolitana. En el caso del plomo se obtuvo una media de 446.10 ppb ($\mu\text{g/L}$). en el caso del plomo los límites superan a los valores máximos permisibles que según OMS, FAO y Codex Alimentarius es 100 ppb y a su vez se concluye que las concentraciones de plomo y arsénico aumentan mientras mayor sea el tiempo de exposiciones al medio ambiente. ⁽²⁹⁾
- Se llevó a cabo una investigación con el fin de evaluar la concentración de plomo, cadmio y arsénico en Arroz (*Oryza Sativa l.*) a granel de 30 marcas diferentes expandidas en el Mercado Municipal 3 de Febrero del distrito de La Victoria, Provincia de Lima. La cantidad de metales pesados se determinó por el Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica siendo el promedio de los niveles de plomo encontrados en las muestras de Arroz de 0,1943 ppm,

mientras que el promedio de los niveles de cadmio encontrados en las muestras de 0,3626 ppm y de los niveles de arsénico encontrados, 0,1996 ppm, esto nos indica que los resultados obtenidos en las muestras de Arroz (*Oryza Sativa L.*) para los parámetros de plomo, cadmio y arsénico no superan los indicados en el Codex Alimentarius y Registro Técnico MERCOSUR. ⁽¹³⁾

- En un estudio realizado en el Perú se encontró que no existen normas que regulen o planteen límites permisibles de tóxicos en los alimentos, en especial sobre metales pesados destinados a consumo humano. Se encontró que en los huevos de gallina de venta en mercados populares del cono norte de Lima, los valores de Pb y Hg superan los límites máximos permitidos tomados como referencia de la Norma Oficial Mexicana NOM-159-SSA1-1996, Disposiciones y Especificaciones Sanitarias de 0,1 ppm y 0,03 ppm respectivamente, en cambio los valores de Cd están por debajo de los valores máximos permitidos por la misma Norma 0,05 ppm. Los valores encontrados con respecto al Cd varían entre 0,0003 ppm y 0,009 ppm, con una media de 0,004 ppm en la clara; 0,0001 ppm y 0,009 ppm, con una media de 0,0035 ppm en la yema y 0,00035 ppm y 0,00714 ppm, con una media de 0,0030 ppm en el huevo entero. ⁽²⁵⁾
- En esta investigación se evidenció la presencia de metales pesados en pulpas de frutas de Fresa (*Fragaria ananassa*) y Tomate (*Solanum lycopersicum*), que son cultivados en los sistemas agrícolas, orgánico y convencional en la parroquia de El Quinche en Ecuador, ya que esta información se comparó con estándares de calidad internacionales como el Codex Alimentarius y La Unión Europea, ya que hasta la fecha no existen niveles máximos permisibles de metales pesados en pulpas frescas de frutas en la normativa ecuatoriana. Se

calcularon las concentraciones existentes en las pulpas mediante el método para alimentos de la AOAC 999.11, comparando así los resultados obtenidos con respecto a los límites máximos permitidos para pulpas de frutas a nivel mundial por el Codex y la UE, concluyendo así que el Cd presenta concentraciones que sobrepasan los niveles permitidos. ⁽¹⁶⁾

- El berro es una hortaliza cuyo consumo se ha ido incrementando con el pasar del tiempo en la Sierra ecuatoriana, debido a su gran aporte nutricional ya que según estudios realizados en otros países el berro es muy propenso a ser afectado por bacterias, parásitos y acumular metales pesados. En esta investigación se llevó a cabo la determinación microbiológica y de metales pesados en berro *Nasturtium officinale* R. Br. expendido en 30 mercados del Distrito Metropolitano de Quito. Las muestras frescas fueron analizadas en función de su color, olor, tamaño y peso de hojas, luego se realizó la caracterización fisicoquímica, donde el valor promedio de todas las muestras fue: 92,78% de humedad, 1,28% de cenizas, 3,78 °Brix (sólidos solubles), pH de 6,78 y 0,07% de acidez titulable (ácido oxálico). Los metales pesados analizados fueron plomo y cadmio; estos estaban dentro del nivel máximo de concentración en hortalizas de hoja establecido por el CODEX, mientras que las UFC/g (Unidades Formadoras de Colonias por gramo) de aerobios mesófilos de todas las muestras sobrepasaron los límites microbiológicos establecidos en la normativa propuesta por Moragas y De Pablo, a excepción de un mercado. Los aerobios mesófilos no estaban correlacionados directamente con los parámetros pH, humedad y °Brix. En parasitología, todas las muestras presentaron al menos un quiste, concluyéndose así que el berro

expendido en los mercados de Quito carece de salubridad pudiendo ser peligroso para la salud humana. ⁽⁸⁾

- Este estudio se realizó para evaluar la presencia de metales pesados (Zn, Mn, Hg, Pb, Cd, Cu, Cr, Ni, V y As) y ciertos microorganismos patógenos en muestras de frutas y vegetales siendo seleccionados: fresa (*Fragaria ananassa*), mora (*Rubus ulmifolius*), granadilla (*Passiflora ligularis*), aguacate (*Persea americana*), nabo (*Brassica rapa pekinensis*), lechuga (*Lactuca sativa*), acelga (*Beta vulgaris*), col blanca (*Brassica oleracea var. capitata*), col morada (*Brassica oleracea var. capitata f. rubra*), coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis*), apio (*Apium graveolens*), tomate (*Solanum lycopersicum*), cebolla blanca (*Allium fistulosum*) y espinaca (*Spinacia oleracea*). Estas muestras son provenientes de las parroquias de Izamba, Cunchibamba, Huachi Grande y Pilahuín, zonas agrícolas que distribuyen sus productos, al resto del país, a través del Mercado Mayorista de la ciudad de Ambato. Se analizaron catorce muestras que en muchos casos presentaron concentraciones de arsénico, cromo y manganeso por encima del nivel permitido por normas internacionales ya que al momento de la cosecha todos los alimentos analizados sobrepasaron los límites permisibles establecidos. Este estudio pone de manifiesto que los productos que consumimos exceden la normativa local e internacional de calidad para alimentos frescos. ⁽²⁰⁾
- Codex Alimentarius. Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. CODEX STAN 193-1995. Se indica los Límites Máximos Permisibles de metales pesados presente en todas las hortalizas de bulbo, siendo 0-20 ug/kg y 0,05 mg/kg para arsénico y cadmio respectivamente. ⁽¹⁸⁾

2.2. CEBOLLA (*Allium cepa*)

2.2.1. Origen

La cebolla, *Allium cepa* L., es una planta antigua que se originó en las regiones montañosas de Asia Central. Las primeras referencias se remontan hacia 3200 a.C. pues fue muy cultivada por los egipcios, griegos y romanos. Los centros secundarios de desarrollo y distribución han sido el Asia Occidental y los países del Mediterráneo, desde donde fue introducida posteriormente a América por los colonizadores, cultivándose en zonas templadas (Ibieta, 2016).

Su cultivo en el continente americano data de 1629 ⁽³⁾, Según Curra, L (1998) las cebollas han evolucionado junto con los sistemas de cultivo y han acompañado las migraciones de personas durante mucho tiempo.

2.2.2. Cultivo en el Perú

La cebolla es un cultivo ampliamente extendido en todo el mundo, esto debido a que las variedades de esta (Ver Figura N°1) se adaptan a diversos climas. Esto hace que se produzcan en alrededor de 175 países de todo el mundo, sin ser el Perú la excepción.

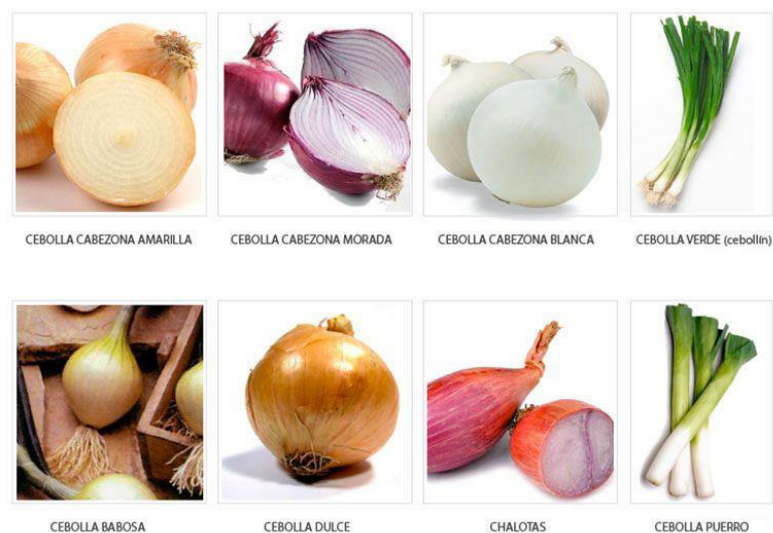


FIGURA N° 1. Variedades de Cebolla (6)

Según la Dirección de Estadística de la FAO (2013), el Perú tiene 19 mil hectáreas cultivadas, representando solo el 0,4% de la superficie mundial cosechada (Ver Figura N°2) y una producción de 748 mil toneladas representando el 0.9% de la producción. Entre Arequipa e Ica hacen casi el 80% de la producción nacional. Después de Arequipa e Ica, los departamentos de la costa del Perú donde se produce cebolla son Lima, La Libertad, Tacna y Lambayeque mientras que en la Sierra se encuentran Ayacucho y Junín ⁽²⁾. Entre las variedades que predominan en el Perú está la cebolla roja (bulbo rosado), en cultivares locales como, Arequipeña, Perilla, Camaneja, Americana, Lurín, entre otros. Para la exportación se utiliza cultivares de bulbo amarillo. Según Casas (2016) los bulbos de color blanco difícilmente son sembrados ya que principalmente son destinados a la industria del deshidratado.

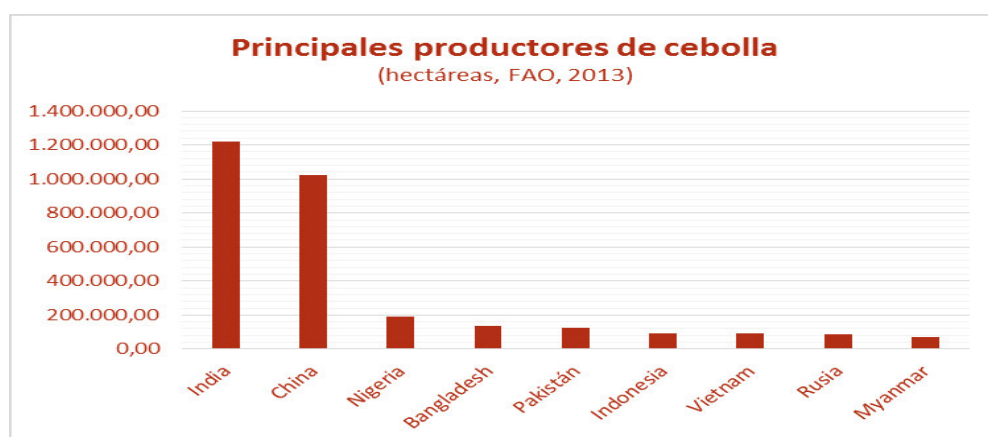


FIGURA N° 2. Principales países productores de cebolla a nivel mundial (18)

La cebolla es la hortaliza más consumida en el Perú con 11 kilos al año o 900 gramos al mes (Ver Tabla 1) y su consumo es diferencial, según el ámbito geográfico. Así por área de residencia, el consumo promedio per cápita de la cebolla es mayor en el área urbana con 1 kilo 400 gramos más

que el área rural donde el consumo promedio per cápita es menor con 9 kilos 900 gramos al año.

TABLA N° 1. Encuesta Nacional de Presupuestos Familiares. Fuente INEI.

Principales tipos de hortaliza	Total	Lima Metropolitana 1/	Resto País	Área		Región natural		
				Urbana	Rural	Costa	Sierra	Selva
Aji entero (Kg.)	0,8	0,9	0,7	0,8	0,5	0,9	0,7	0,4
Ajo entero (cabeza) (Kg.)	0,9	0,7	1,1	0,8	1,3	0,8	1,0	1,5
Apio (Kg.)	1,1	1,2	1,1	1,1	0,9	0,9	1,6	0,5
Calabaza (chicayo, lacayote) (Kg.)	0,7	0,1	0,9	0,5	1,2	0,1	1,9	0,1
Cebolla (Kg.)	11,0	12,2	10,4	11,3	9,9	11,8	10,8	7,9
Choclo (Kg.)	3,3	3,2	3,3	2,8	4,8	2,8	5,0	1,1
Coles (Kg.)	2,2	2,0	2,3	2,1	2,6	1,9	2,9	1,9
Lechuga (Kg.)	1,5	1,9	1,3	1,7	0,8	1,6	1,7	0,6
Tomate (Kg.)	6,8	6,7	6,9	7,1	5,8	6,8	7,1	6,3
Zanahoria (Kg.)	6,9	6,6	7,0	6,9	6,9	5,8	9,9	3,7
Zapallo (Kg.)	3,3	3,6	3,2	3,6	2,5	3,4	4,2	0,7

1/ Incluye Provincia de Lima y la Provincia Constitucional del Callao.

2.2.3. Aspectos botánicos de la cebolla

2.2.3.1. Taxonomía de la cebolla

Sub. Reino: Embriofita

División: Fanerógama

Sub División: Angiosperma

Clase: Monocotiledónea

Orden: Liliales

Familia: Alliaceae

Género: Allium

Especie: Allium cepa L.

Existen algunas contradicciones sobre el género Allium, entre las familias botánicas, para los europeos pertenece a la familia de las liliáceas, algunas escuelas americanas la ubican dentro de las amarilidáceas y, otras escuelas, sobre todo en Sur América, afirman que su familia pertenece al grupo de las aliáceas ⁽⁶⁰⁾.

2.2.3.2. Partes de la cebolla

a. Semilla

La semilla de la cebolla presenta dos caras, la primera de color blanquecino y lisa, en su primer desarrollo; luego se torna negra, rugosa, con diámetro ecuatorial de tres y cuatro milímetros de largo. La semilla consta de un tegumento seminal, endospermo rico en carbohidratos de carbono, proteína y grasa rodeando el embrión que representa la décima parte de la simiente. ⁽²⁸⁾

Cuando la semilla germina, brota una raíz primaria, junto al cotiledón que emerge hacia la superficie. Esto ocurre alrededor de una semana de la siembra, siendo el peso aproximado de 1,000 semillas el de 2,8 a 3,7 gramos. Con un gramo de semillas se pueden producir entre 300 a 500 plántulas apta para la siembra ⁽²⁸⁾.

b. Sistema radicular

El sistema radicular de la cebolla es pobre (Ver Figura N°3), consta de 20 a 200 raíces, con una media de 80 raíces, desarrollándose en los primeros 35 a 60 centímetros del suelo. Este limitado sistema radicular estimula una baja absorción de nutrientes y agua, haciéndola poco competitiva con las malezas ⁽³⁶⁾.

Las raíces de la cebolla se renuevan constantemente, es decir las primeras raíces que brotan durante el período de germinación de la semilla, las cuales mueren gradualmente formándose nuevas raíces.

El sistema radicular alcanza su máximo desarrollo durante la madurez. Posteriormente, y en el período de la formación de los bulbos, estas raíces mueren ^(28; 36).

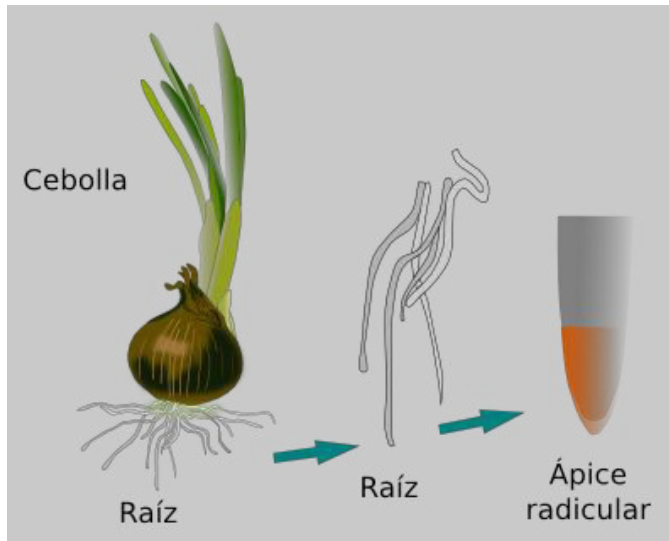


FIGURA N° 3. Sistema radicular de la Cebolla. (28)

c. Tallo

La cebolla presenta dos tipos de tallos. Un tallo verdadero situado en la base de los bulbos, de donde brotan las yemas, las hojas y las raíces y el otro tallo que brota del escapo floral. El tallo alcanza una altura de 0,5 a 1,5 centímetros, con un diámetro de 1,5 a 2,0 centímetros, es de forma tabular y hueco ^(1; 30).

d. Hojas

Las hojas de la cebolla están constituidas por una parte basal. Las hojas son cilíndricas, huecas, algunas veces cerosas y están formadas por una vaina que se anteponen unas con otras. Las hojas constan de dos partes: el limbo y la vaina. El conjunto de hojas forma el falso tallo en su parte superior y en la parte inferior al bulbo. Generalmente, desarrollan una hoja de 1 a 9 días ⁽¹⁾. La cebolla, cuando tiene las condiciones óptimas de crecimiento, puede formar entre 12 a 20 hojas dependiendo del cultivar, manejo agronómico y la época de siembra. No obstante, se ha encontrado que existe una correlación muy

marcada entre la variedad y la época de siembra con el número de hojas. El follaje de la cebolla crece hasta que las condiciones externas favorezcan la formación y desarrollo del bulbo ^(1; 36).

e. Bulbos

Cuando están dadas las condiciones óptimas de fotoperiodo y temperatura, se inicia la formación y desarrollo del bulbo. Este período conlleva el engrosamiento de las vainas de las hojas y el almacenamiento en ellas de las sustancias nutritivas de reserva a medida que continúa el desarrollo del bulbo. El engrosamiento de las hojas forma el bulbo, las cuales nacen de forma alternas unos 160 grados, abriendo espacio hacia arriba, permitiendo el nacimiento de nuevas hojas. El bulbo es formado por túnicas escamosas transitorias, las yemas y el tallo verdadero. Las escamas escamosas pueden ser abiertas y cerradas. Las escamas abiertas son aquellas exteriores y terminan en un limbo y las escamas cerradas son las interiores, no forman limbo y rodean a la yema apical. ^(36, 51)

A medida que avanza el desarrollo del bulbo, las escamas exteriores se secan y se convierten en túnicas (totalmente secas) y escamas transitorias (parcialmente secas) ^(36; 51). Cuando se inicia la formación del bulbo, inmediatamente cesa la producción de hojas y el crecimiento general.

La yema apical del bulbo puede formar yemas laterales, las cuales quedan en estado latente y al desarrollarse pueden dar lugar a diferentes formas, las que pueden clasificarse en: bulbos formados, deformados y divididos (Ver Figura N°4). ^(36, 51).

- Los bulbos formados, son aquellos que no presentan protuberancias y son iguales.
- Los deformados, son aquellos que por lo general presentan protuberancias y en ocasiones se observa en su parte superior más de un falso tallo.
- Los divididos, son aquellos que se identifican por sí mismo, es decir, dos o más bulbos unidos por el tallo verdadero.

Los bulbos pueden alcanzar un diámetro mayor de 2,5 centímetros con un peso medio de 40 a 50 gramos ⁽²⁷⁾. En cuanto a la coloración de la cebolla, esta es un factor genético, asociado a la variedad. Los colores comerciales más comunes son: blanca, amarilla dorada, morada, rosada y rojas.

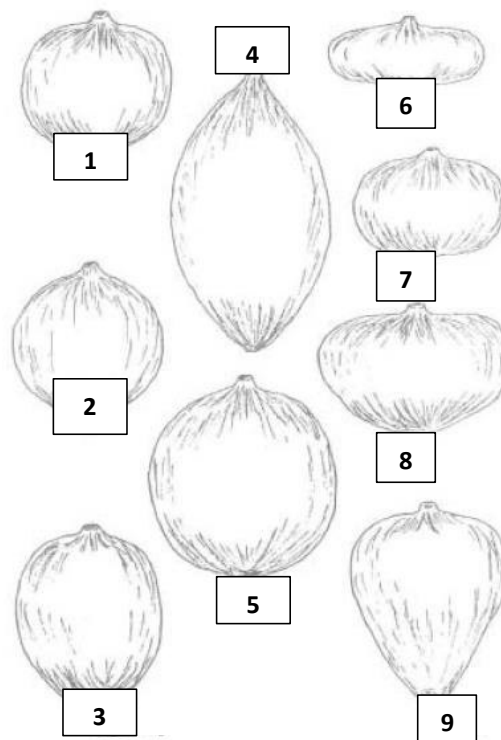


FIGURA N° 4. Formas de los bulbos de las cebollas [1] Globoso achatado, [2] Globoso, [3] Globoso alargado, [4] Alargado, [5] Español [6] Achatado, [7] Redondo achatado, [8] Acorazonado, [9] Trompa. (1).

f. Inflorescencia y flores

Las flores son de color blanco pardas y constan de una corola formada por seis pétalos, un cáliz con seis sépalos, un androceo con seis estambres, con ovario súpero y trilocular formado por dos óvulos en lóbulo. (Ver Figura N°5) ^(1; 28).



FIGURA N° 5. *Inflorescencia de Cebolla con tallo.* (28)

2.2.4. Valor nutricional de la cebolla

La cebolla como la mayor parte de las hortalizas, está compuesta en una gran proporción de agua (90%) por lo que el aporte calórico es muy bajo, representando así unas 40 kcal por cada 100 gr de parte comestible cuando se consume cruda. ⁽⁷¹⁾

Tiene pequeñas cantidades de hidratos de carbono sencillos (3-9%) y algo de proteína (1%). No contiene grasa ni colesterol, y destaca la cantidad y la calidad de fibra dietética el cual representa el 2% aproximadamente. Aporta también minerales: potasio, fosforo, magnesio, algo de calcio, hierro y selenio, entre otros. Contiene muy poco sodio y entre las vitaminas destacan la B₁, B₂, B₆, niacina, ácido fólico, vitamina C y la vitamina A (Ver Tabla N°2). ^(71, 72)

Además, este bulbo contiene sustancias azufradas como la alicina, fitoesteroles y flavonoides como la quercitina. ^(71, 72)

TABLA N° 2: Composición nutricional presente en la cebolla (71, 72)

Nutriente presente en la cebolla	Cantidad	Nutriente presente en la cebolla	Cantidad
Agua	90 g	Vitamina A	1,40 ug
Proteínas	0,9 – 1,6 g	Vitamina B1	0,03 mg
Hidratos de Carbono	3,5 – 10 g	Vitamina B2	0,03 mg
Calcio	28 mg	Vitamina B3	0,72 mg
Vitamina K	170 mg	Niacina	0,40 mg
Quercetina	20,3 mg	Vitamina C	6,90 mg
Ácido Fólico	7 ug	Vitamina E	0,45 mg

2.2.5. Consumo de la cebolla

La cebolla es un alimento con amplia diversidad de usos en el mercado: consumo fresco, enlatado, congelado, deshidratado, siendo el mercado fresco el que mayor producción absorbe. Se usa como condimento en una amplia gama de recetas caseras. Así mismo, la cebolla también es utilizada para la decoración de platillos populares europeos, y en el caso del Perú es infaltable en el cebiche. Se estima que entre el 15 y 18% de la cebolla se procesa para uso en artículos preparados del alimento tales como salsa, sopas y aperitivos. También se procesan para producto pelado, rebanado y cortado en cubitos. La mayoría de la producción es comercializada como deshidratada o fresca, siendo distribuido a través de ventas a mayoristas, detallistas independientes, mercados de la misma región productora o bien a la puerta de las mismas unidades de producción.

2.2.6. Beneficios para la salud

- **Diurético:** evita la retención de líquidos gracias a su aporte de potasio y bajo contenido de sodio lo cual favorece la eliminación del exceso de líquidos y de esta forma libera de toxinas al organismo. Es muy recomendable en pacientes con insuficiencia renal, gota, cálculos renales, edemas o hipertensión.
- **Expectorante:** Los aceites esenciales que generan sus compuestos azufrados como la alicina y la quercetina, le dan el efecto expectorante, lo cual es útil en procesos como resfriados, catarrros, bronquitis, faringitis y otras afecciones respiratorias.
- **Favorece el Sistema Circulatorio:** al contener grandes cantidades de quercetina lo cual favorece la circulación sanguínea. También previene la trombosis y el envejecimiento de las arterias y venas por su contenido de sílice que es aproximadamente de 9,2 mg. Ayuda a reducir el colesterol e incrementa la capacidad de la sangre de disolver coágulos internos, lo cual es importante ya que previene la trombosis coronaria.
- **Antioxidante:** al contener vitamina C, los compuestos de azufre y gran cantidad de flavonoides como las antocianinas y la quercetina hacen que la cebolla se convierta en un potente antioxidante.
- **Reduce el riesgo de cáncer:** los compuestos azufrados que le dan su aroma característico, hacen a la cebolla un alimento anticancerígeno ya que según estudios reduce en un 50% el riesgo de padecer cáncer de estómago en las personas que lo consumen.
- **Cardioprotectora:** estudios de la Universidad de Pennsylvania asegura que el consumo de cebolla reduce el riesgo de enfermedad cardiovascular en

un 15% debido a la presencia de la enzima alinasa y los sulfuros que reducen los niveles de colesterol en la sangre.

- Antidepresivo: El folato, presente en las cebollas puede ayudar con la depresión impidiendo un exceso de homocisteína en el cuerpo. Este exceso interfiere con la producción de las hormonas serotonina, dopamina y norepinefrina, que regulan el estado de ánimo, el sueño y el apetito.
- Contra el acné: Los componentes sulfurosos y flavonoides, que posee la cebolla, disminuye las reacciones alérgicas y ayuda eficientemente a corregir alteraciones cutáneas; combate el acné y elimina manchas en la piel. Además, el uso de cebolla para el cutis es altamente estimado, ya que resulta muy efectiva para tratar el cutis graso.

2.3. ARSÉNICO

2.3.1. Etiología

Características Físicoquímicas

El Arsénico es el tercer elemento del grupo VA de la tabla periódica; tiene un número atómico de 33, peso atómico de 74,92 g/mol, y como valencias 3 y 5. Su abundancia promedio en la corteza terrestre es 1,8 ppm; en suelos de 5,5 a 13 ppm; en corrientes de agua menor a 2 µg/L, y en aguas subterráneas es generalmente menor 100 µg/L. El arsénico no es insoluble agua, pero sí en los ácidos fuertes y se oxida fácilmente en presencia de humedad, recubriéndose de una capa de anhídrido arsenioso. El punto de fusión del arsénico es de 887 grados Kelvin o de 614,85 grados Celsius o grados centígrados. El punto de ebullición del arsénico es de 1090 grados Kelvin o de 817,85 grados Celsius o grados centígrados. Los compuestos

más utilizados en la industria son el anhídrido arsénico, arseniato de calcio, tricloruro de arsénico y los arsenitos. ⁽²³⁾

Existen tres grandes grupos de compuestos de arsénico (As):

- Compuestos de arsénico inorgánico
- Compuestos de arsénico orgánico
- Gas arsina

Derivados del Arsénico

a. Arsénico Elemental

El arsénico es un metaloide, cristalino de un color gris y no es tóxico.

Se utiliza en aleaciones con el fin de aumentar su dureza y resistencia al calor, como en las aleaciones con plomo para la fabricación de municiones y de baterías de polarización. También se utiliza para la fabricación de ciertos tipos de vidrio, como componente de dispositivos eléctricos y como agente de adulteración en los productos de germanio y silicio en estado sólido. ⁽³¹⁾

b. Compuesto Inorgánico

El arsénico inorgánico se encuentra en forma natural en aguas geotermales, rocas sedimentarias y rocas volcánicas. En la naturaleza se halla libre y también combinado en diversos minerales ⁽³¹⁾. El anhídrido arsenioso o trióxido de arsénico (As_2O_3) es el compuesto más tóxico. Es un polvo fino, con sabor acre y ácido, que reacciona muy lentamente en el agua transformándose en ácido arsenioso. Otra importante fuente de intoxicación la constituyen el anhídrido arsénico o pentaóxido de arsénico (As_2O_5), que se utiliza como insecticida o como conservante de la madera.

c. Derivados Orgánicos

El arsénico orgánico se encuentra presente en numerosos compuestos orgánicos debido a su alta estabilidad del enlace arsénico-carbono (As-C) mediante las condiciones ambientales de pH y potencial de óxido-reducción. Se distinguen dos grupos; los trivalentes y los pentavalentes, unos y otros con propiedades terapéuticas, aunque de distinta naturaleza. Las formas orgánicas del arsénico son resultado del metabolismo de los seres vivos y se les califica como no tóxicas o poco tóxicas; sin embargo resaltan dos de sus formas, el ácido monometilarsenioso y el ácido dimetilarsénico (conservador de maderas y herbicida), son altamente tóxicos para el ser humano ^(31, 69).

2.3.2. Fuentes de Intoxicación

- **Alimentaria**

En la actualidad el principal riesgo alimentario para la población general, radica en la contaminación del agua de bebida por arsénico procedente de fuentes geológicas, especialmente en áreas con importante actividad geotérmica y pozos artesanales. Los pescados, mariscos, carnes, aves de corral, productos lácteos y cereales también pueden ser fuentes alimentarias de arsénico, aunque la exposición a través de estos alimentos suele ser muy inferior a la exposición a través de aguas subterráneas contaminadas. Las principales fuentes de exposición son: el agua destinada a consumo humano, los cultivos regados con agua contaminada y los alimentos preparados con agua contaminada. ^(23, 24)

- **Ambiental**

El arsénico puede penetrar en el aire, el agua y el suelo a través de tormentas de polvo y aguas de escorrentía, por lo que la contaminación por arsénico está muy extendida debido a su fácil dispersión. Dependiendo de las condiciones físico-químicas del medio ambiente, algunos compuestos de arsénico se pueden solubilizar fácilmente en agua y, de ahí, ser tomados por los microorganismos, dando lugar a altos niveles de biodisponibilidad. Debido a su toxicidad, la Organización Mundial de la Salud (OMS) considera perjudicial para el ser humano el consumo de agua con una concentración de arsénico superior a 10 mg/L.^(23, 24)

- **Industrial**

El arsénico se utiliza industrialmente como agente de aleación, y también para el procesamiento de vidrio, pigmentos, textiles, papel, adhesivos metálicos, protectores de la madera y municiones. El arsénico se emplea asimismo en los procesos de curtido de pieles y, en grado más limitado, en la fabricación de plaguicidas, aditivos para piensos y productos farmacéuticos así como también en la industria cosmética como componente de productos depilatorios y cremas de belleza.^(23, 24)

- **Tabaco**

Las personas que fuman tabaco también pueden estar expuestas al arsénico inorgánico que contiene el tabaco natural, ya que las plantas de tabaco absorben esencialmente el arsénico presente de forma natural en el suelo. Por otro lado, el riesgo de exposición al arsénico era mucho mayor hace unos años, cuando había costumbre de tratarlas con insecticidas a base de arseniato de plomo.⁽²³⁾

Dosis Tóxicas

La toxicidad de los derivados arsenicales depende, en gran medida, del estado de oxidación, de la composición química del arsenical y de su solubilidad. En líneas generales, la mayor toxicidad la exhiben los compuestos inorgánicos solubles (Ver Tabla N°3) y los derivados trivalentes que son entre 2 y 10 veces más tóxicos que los pentavalentes. La exposición prolongada puede causar intoxicación crónica, causando así algunos efectos característicos como la aparición de lesiones cutáneas y cáncer a la piel. ⁽²³⁾

TABLA N° 3. Normas y regulaciones Internacionales para arsénico inorgánico. (73)

Organismo	Énfasis	Nivel	Comentarios
ACGIH	Aire – Lugar de trabajo	10 mg/m ³	Advertencia; TLV/TWA+
NIOSH	Aire – Lugar de trabajo	2 mg/m ³	Advertencia; límite tope de 15 minutos
OSHA	Aire – Lugar de trabajo	10 mg/m ³	Norma; PEL en una jornada laboral de 8 horas
EPA	Aire – ambiente	NA	NA
	Agua – agua de bebida	10 ppb	Norma; nivel máximo de contaminante en los suministros públicos de agua potable.
FDA	Alimentos	0,5 – 2 ppm	Norma; aplicable a los animales tratados con medicamentos veterinarios.
<ul style="list-style-type: none">• ACGIH = Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales• EPA = Agencia de Protección del Medicamento de EE. UU.• FDA = Administración de Alimentos y Drogas de EE. UU.• NIOSH = Instituto Nacional para la Seguridad y la Salud Ocupacional• OSHA = Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de EE. UU. <p>○ TLV/TWA (Valor Umbral Límite/Tiempo promedio ponderado) = concentración en un tiempo promedio ponderado, para una jornada laboral normal de 8 horas, o una semana laboral de 40 horas. Casi todos los trabajadores pueden estar expuestos a estas concentraciones.</p> <p>○ PEL (límite de Exposición Permisible) = Nivel más Alto al que puede estar expuesto un trabajador durante una jornada laboral de 8 horas.</p>			

La norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos indica los Límites Máximos Permisibles de metales pesados presente en todas las hortalizas de bulbo, siendo 0-20 ug/kg y 0.05 mg/kg para arsénico y cadmio respectivamente ⁽¹⁸⁾.

2.3.3. Toxicocinética

2.3.3.1. Absorción

En exposición ocupacional la inhalación es la vía de ingreso más importante del As y sus compuestos, máxime en el caso de la arsina. Por esta vía su absorción está condicionada por el tamaño de las partículas, por su solubilidad y por la forma química del compuesto. En el aire del ambiente laboral metalúrgico predomina el $iAs+3$ en forma de partículas y su inhalación sigue las pautas de los aerodispersoides: las partículas más grandes se depositan en el tracto respiratorio superior y desde allí pueden ser removidas por las vibrisas o por el moco hacia el exterior o al tubo digestivo y en este, dependiendo de su solubilidad, se absorben bien. En el pulmón, las partículas menores de $7\ \mu m$ se absorben entre 75 y 85% ⁽⁵⁹⁾.

El As inorgánico +3 es más soluble en lípidos; el As inorgánico +5 se absorbe mejor por el intestino y la absorción de ambos a lo largo de la vía digestiva, disueltos en agua, llega a 95% ⁽⁵⁹⁾. Por piel, los arsenicales húmedos se absorben bien; secos, su absorción solo alcanza 2% ⁽⁵⁹⁾.

2.3.3.2. Distribución

Luego de absorbido, el arsénico llega a la sangre y se une a las globulinas. Su pos-distribución dentro de las primeras 24 horas lo lleva, entre otros órganos, a hígado, pulmón, riñón y bazo, donde al acoplarse a los grupos sulfhidrilo de las proteínas se acumula. En el tejido óseo compite con el fósforo, lo desplaza y puede permanecer allí durante años. Una pequeña cantidad atraviesa las barreras hematoencefálica y placentaria ⁽⁵⁹⁾. Dentro de las siguientes 30 horas, se deposita en cabello y

uñas. Los niveles de As en secciones de pelo indican el tiempo transcurrido desde el inicio de la exposición ⁽⁵⁹⁾.

2.3.3.3. Bioacumulación

El arsénico es un veneno acumulativo que afecta a casi todos los órganos, tejidos y sistemas. Su efecto tóxico en los seres humanos se conoce como arsenicosis, la cual depende de la cantidad de arsénico ingerida. De esta forma, la exposición a arsénico puede ser aguda, si la dosis de arsénico es elevada y en un corto periodo de tiempo, o crónica, si la dosis de arsénico es baja y en un largo periodo de tiempo. La ingesta de grandes cantidades puede producir la muerte en pocas horas, debido a su rápida absorción, mientras que en pequeñas dosis durante largos periodos de tiempo, se produce un empeoramiento progresivo hasta la muerte. ⁽⁷⁵⁾

El arsénico absorbido se distribuye, a través del torrente sanguíneo, por los distintos tejidos y órganos corporales en función de su forma química, acumulándose con el tiempo en uñas, pelo, tejido óseo y piel, ya que el arsénico puede acumularse en tejidos ricos en grupos sulfhidrilo. ⁽⁷⁵⁾

2.3.3.4. Excreción

La vida media del As inorgánico ‘circulante’ es de 6 horas. La de sus metabolitos es 7,4 para el MMA y 5,6 para DMA. Los porcentajes de excreción renal son para el DMA de 50 a 70%, para el MMA de 15 a 20% y alrededor del 20% se excreta sin metilar ⁽⁵⁹⁾.

2.3.4. Toxicodinamia

La toxicidad de los compuestos arsenicales es compleja y depende de la vía de ingreso, de su valencia y de su forma química. El As inorgánico es el

responsable de la intoxicación en el humano y la arsina es el compuesto más tóxico ⁽⁵⁹⁾.

2.3.4.1. Mecanismo de acción

El arsénico actúa formando enlaces covalentes con el átomo de azufre de los grupos sulfhidrilol, reacción importante porque condiciona que el As inorgánico ingrese a las reacciones bioquímicas solamente en presencia de agua; de esta manera sus compuestos sólidos inorgánicos no podrán actuar en el organismo hasta no ser reducidos. El As inorgánico +3 ingresa al sistema piruvato-oxidasa ligándose a los grupos sulfhidrilo de la proteína, de lo que resulta un complejo anular muy estable. El mecanismo de acción tóxica del As inorgánico +5 no está plenamente dilucidado; se acepta que previamente es reducido a formas trivalentes⁽⁵⁹⁾. Además, el As inorgánico compite con el fosfato inorgánico en las reacciones de fosforilación, produciendo ésteres inestables. Otros estudios muestran que desacopla la fosforilación oxidativa compitiendo con el fósforo en uno de los pasos de conservación de energía de la reacción. Se ha sugerido también su acción inhibitoria no hidrolítica en la mitocondria ligada a funciones energéticas ⁽⁵⁹⁾.

Biotransformación

La investigación actual demuestra que la biotransformación del arsénico y su capacidad de metilación varía y depende de su forma química, de la dosis, del tiempo de exposición, de una dieta rica en metionina y proteínas y de la especie expuesta. Aún no está bien establecida toda la vía metabólica, pero se sabe que su metabolismo ocurre en el hígado con intervención de procesos secuenciales de metilación oxidativa. Así, la

biotransformación del As inorgánico +3 requiere de un primer paso de metilación para obtener ácido monometilarsónico, MMA, y luego en una segunda metilación se alcanza el ácido dimetilarsónico, DMA. La S-adenosinmetionina actuaría como donador de los grupos metilo y el glutatión, un tripéptido no proteínico, como principal agente reductor y detoxificador al donar electrones y transportar al As ⁽⁵⁹⁾ (Ver Figura N°6).

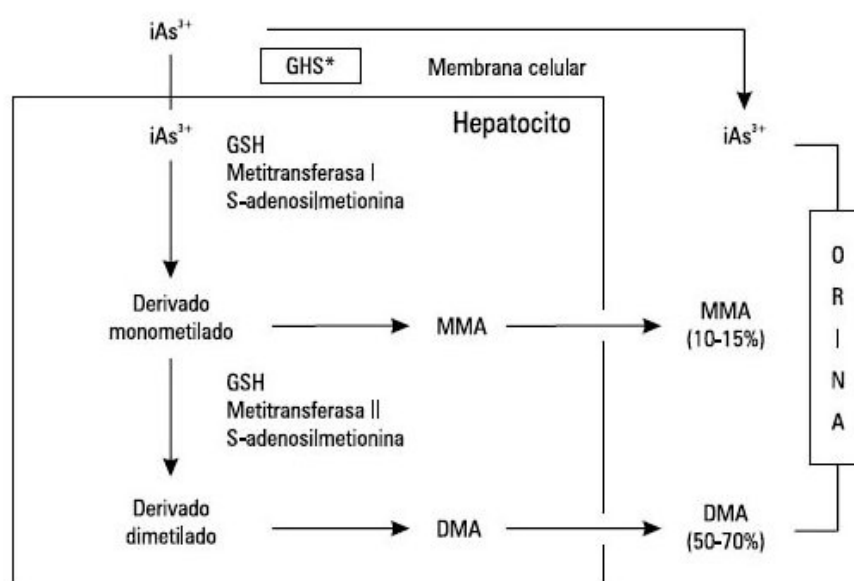


FIGURA N° 6. Biotransformación del Arsénico inorgánico. (54)

2.3.5. Sintomatología Clínica

Dependiendo del tipo de compuesto, del tiempo e intensidad de la exposición entre los principales signos y síntomas del arsenicismo ocupacional se describe:

- En mucosas, piel y faneras: irritación, edema facial acompañado de melanosis y descamación, líneas de Mees en uñas ⁽⁵⁹⁾ hiperpigmentación de pezones, cicatrices de cuello y axilas o leucomelanodermias, que progresan a hiperqueratosis palmo plantar o a enfermedad de Bowen y pueden terminar en carcinoma de piel ⁽⁵⁹⁾.
- En el sistema nervioso: neuritis periférica simétrica, neuropatía dolorosa en los segmentos distales de las extremidades, con parestesias e hipofunción motora (3,25), encefalopatía, temblor y degeneración axonal⁽⁵⁹⁾.
- En el sistema gastrointestinal: anorexia, dispepsia, náuseas, vómitos y diarreas, Ictericia, hepatomegalia, cirrosis, incremento de las transaminasas, hemangioendotelioma ⁽⁵⁹⁾.

2.3.5.1. Intoxicación Aguda

Aparece como un cuadro gastrointestinal coleriforme, con vómitos, diarreas e intensos dolores abdominales, fiebre, insomnio, anemia, hepatomegalia, melanosis, alteraciones cardíacas. La pérdida de sensibilidad en el sistema nervioso periférico es el efecto neurológico más frecuente; aparece una a dos semanas después de exposiciones grandes, y consta de degeneración de axones, un estado reversible si se suspende la exposición. Los síntomas de la intoxicación aguda pueden aparecer en minutos o bien muchas horas después de la ingestión de entre

100 y 300 mg de As, aunque también es posible la inhalación de polvo de As o la absorción cutánea. Las manifestaciones clínicas difieren si es As o arsina. ⁽⁷⁴⁾

2.3.5.2. Intoxicación Crónica

Produce efectos multisistémicos, tales como: fatiga, gastroenteritis, leucopenia, anemia, elevación de las transaminasas, hipertensión portal no cirrótica, neuropatía periférica sensorio motora, insuficiencia vascular periférica, líneas de Mees-Aldrich, etc. Asimismo, se han descrito alteraciones cutáneas 3-7 años después de comenzar una exposición (hipopigmentación e hiperpigmentación, hiperqueratosis, etc.) y cáncer de pulmón en quienes inhalan crónicamente As. Se han descrito otras neoplasias en la vejiga, el riñón y el hígado. La neuropatía periférica llega a ser progresiva y afectar neuronas tanto sensitivas como motoras; conduce a desmielinización de fibras nerviosas de axones largos, pero los efectos están relacionados con la dosis. Estas exposiciones crónicas que causan efectos más graduales e insidiosos pueden ocurrir durante un periodo de años y ha sido difícil establecer relaciones entre dosis-respuesta. ⁽⁷⁴⁾

2.3.6. Tratamiento

Principalmente cuando existe una intoxicación por arsénico, lo primero que debe realizarse es un lavado gástrico y luego administrar carbón activado, a pesar de que presenta baja afinidad por los derivados inorgánicos del arsénico. Lo que se debe evitar es producir la emesis del paciente.

Lo primero que debe realizarse también es un tratamiento que corrija los síntomas que se presentaran, según sea el tipo de intoxicación que se esté tratando, aguda o crónica. ^(23, 24)

Habría que administrar, por tanto, soluciones de cristaloideas por vía intravenosa, para así corregir los trastornos hidroelectrolíticos y evitar agentes antiarrítmicos tipo quinidina que pueden ocasionar una prolongación del intervalo QT. Para evitar secuelas nerviosas, se puede administrar vitamina B₁ y B₆. ^(23, 24)

El principal antídoto a utilizar cuando se presente una intoxicación por arsénico es el BAL, que en pacientes sintomáticos se le debe aplicar dosis de 3 a 5 mg/kg intramuscular, cada 4 a 6 horas. El arsénico se excreta principalmente por la orina así que se tiene que monitorear a la par, una vez aplicada la dosis recomendada. ⁽²³⁾

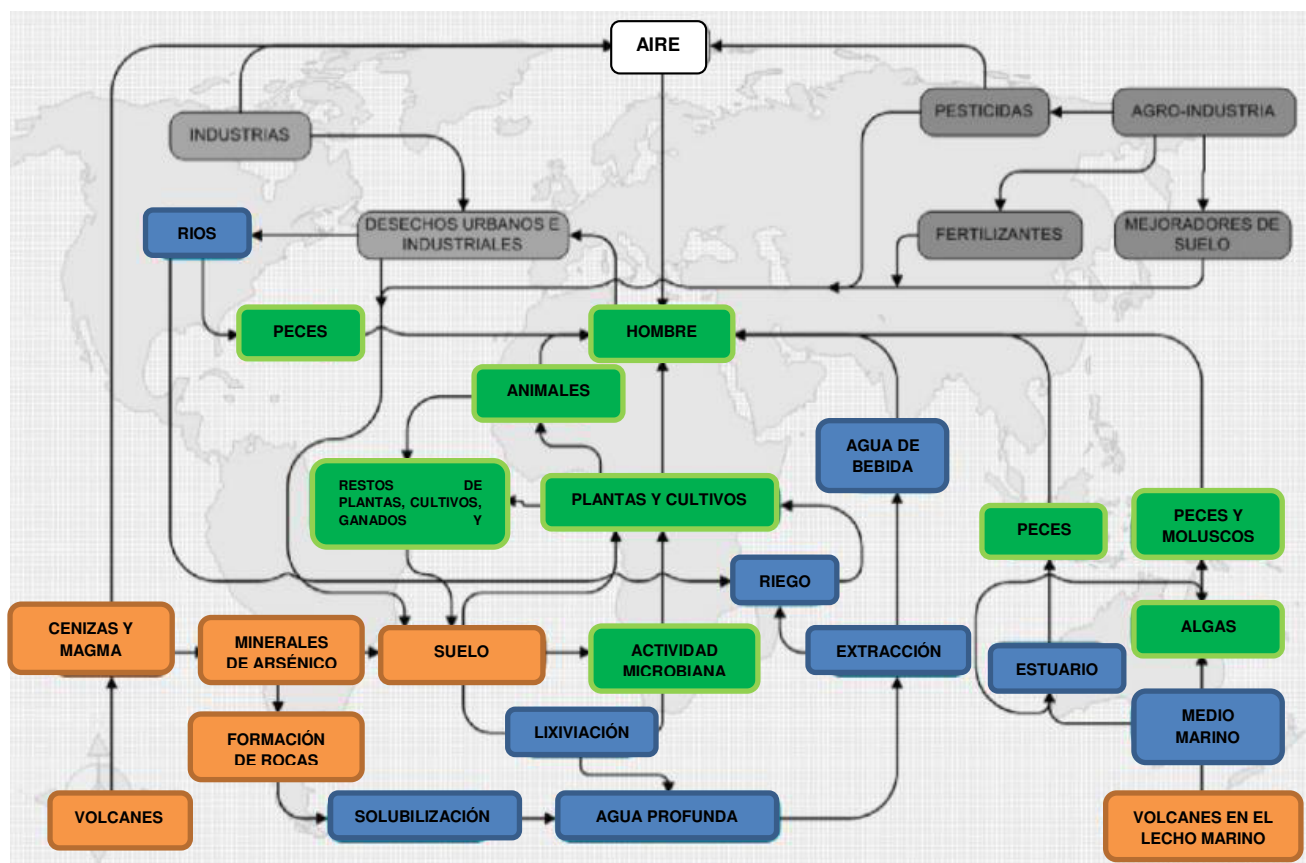
Cuando se trata de una intoxicación crónica, tanto el BAL como la Penicilamina, en dosis de 500 mg cada 6 horas por vía oral, favorece la eliminación del arsénico, aunque es preferible también administrar un análogo hidrosoluble del BAL, en este caso el ácido Dimercaptosuccínico en dosis de 30 mg/kg vía oral. Este quelante no puede ser usado en una intoxicación aguda debido a la diarrea que provoca este tipo de intoxicación, limita la absorción intestinal. ⁽²³⁾

2.3.7. Química Ambiental del Arsénico

La relación entre el arsénico en suelo y las plantas, dependen de la forma y la disponibilidad del arsénico (Ver Figura N°7). En general la disponibilidad de este metal en las plantas es mucho mayor en suelos arenosos, suelos con

poco material coloidal y baja capacidad de intercambio iónico y es mas baja en suelos arcillosos, ricos en material orgánico, fierro, calcio y fósforo ⁽⁶³⁾.

FIGURA N° 7. Dinámica del Arsénico en el ambiente (63)



La forma en la que el arsénico es absorbido por las plantas es la misma vía que la del fósforo, debido a su gran similitud química con este. El arseniato es convertido en el interior de la planta a arsenito para que este sea metilado en las hojas ⁽⁶³⁾.

Para expresar la toxicidad del arsénico no existe una concentración umbral, debido a que las plantas difieren en capacidad de acumulación antes de presentar síntomas de toxicidad per esta se manifiesta en las plantas de color rojo marrón necróticas en las hojas viejas y raíces de color amarillo así como también en la reducción del crecimiento ⁽⁶³⁾.

2.3.8. Límites establecidos para Arsénico

A nivel Internacional

El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos de aditivos Alimentarios (JECFA) estableció que el BMDL_{0,5} (Límite inferior a de la dosis de referencia) se calculó en 3,0 µg/kg por día (2-7 µg/kg por día según el rango de estimación de la exposición dietética total). Las incertidumbres en BMDL_{0,5} a otras poblaciones debido a la influencia del estado nutricional, como baja ingesta de proteínas y otros factores de estilo de vida el Comité observó que la ISTP de 15 µg/kg de peso corporal (2,1 µg/kg por día) en la región de la BMDL₀, ya no es apropiado, y por lo tanto el Comité retiró la ISTP anterior. ⁽¹⁷⁾

A nivel Nacional

En la normativa peruana, según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), se indica los parámetros de metales pesados en Categoría 3 (agua utilizada en el riego de vegetales), para As 0,05 mg/L y el ECA para metales en suelo agrícola, As Total 50 mg/kg. ⁽⁴⁰⁾.

2.4. CADMIO

2.4.1. Etiología

Elemento químico, que tiene como símbolo Cd, número atómico 48; pertenece al grupo IIB de la tabla periódica por lo que también tiene relación estrecha con el zinc, con el que se encuentra asociado en la naturaleza. Es un metal dúctil, de color blanco con un ligero matiz azulado. Es más blando y maleable que el zinc, pero poco más duro que el estaño. Tiene un peso atómico de 112,40 y densidad relativa de 8,65 a 20°C. Su punto de fusión de 320,9°C y de ebullición de 765°C. ⁽²⁴⁾

2.4.2. Fuentes de Intoxicación

Las principales fuentes de contaminación son: la minero metalurgia de metales no ferrosos, del hierro y acero, la fabricación de fertilizantes fosfatados, la incineración de residuos de madera, carbón o “plásticos”, la combustión de aceite y gasolina y las aplicaciones industriales de cadmio.
(23, 24)

Ambiental

Dentro de los factores de riesgo medio ambiental a tener en cuenta se menciona ⁽³⁹⁾

- Ingesta de agua o alimentos contaminados de forma natural, desechos industriales.
- Habitar cerca de fuentes contaminantes, como minas en actividad o en zonas con presencia de fuentes naturales de cadmio que contaminan agua y suelos.

Ocupacional

El riesgo más importante en la exposición ocupacional al cadmio se debe a su elevada volatilidad. Este tipo de exposición se presenta por la inhalación de cenizas de los incineradores, humo de las soldaduras durante operaciones de calentamiento de cadmio para realizar aleaciones y vapores de fundición, entre otros subproductos de la minería. ^(41, 47, 68)

2.4.3. Toxicocinética

2.4.3.1. Absorción

El cadmio ingresa al organismo por inhalación, ingestión y por vía cutánea. El tamaño y la solubilidad de las partículas inhaladas determinan

la concentración y la posibilidad de difusión del cadmio de los pulmones hacia la sangre ⁽²³⁾. (Ver Figura N° 8)

Después del depósito del cadmio en la nasofaringe, la tráquea, los bronquios y los alveolos, parte de las partículas inhaladas asciende por acción de los cilios, pasa al esófago y se absorbe parcialmente en el tracto gastrointestinal. Las partículas restantes que llegan hasta los alveolos son absorbidas y pasan a la sangre. La absorción tiene que ver con la solubilidad del compuesto inhalado; las variaciones fisiológicas y anatómicas de los individuos también influyen en este proceso. Se estima que se absorbe aproximadamente del 10 al 40% de las partículas inhaladas. Las partículas que no son absorbidas, ni digeridas ni eliminadas en las secreciones, van a construir los depósitos de cadmio en el árbol respiratorio ⁽²³⁾.

El contenido corporal de cadmio se incrementa con la edad hasta los 50 años. En los adultos, la carga corporal de cadmio puede llegar a 40 miligramos, dependiendo de la situación geográfica y sobretodo del hábito de fumar, pues en un fumador la carga alcanza el doble ⁽⁵⁴⁾. En sangre encontramos aproximadamente 0,06% del contenido corporal de Cd y más del 50% está en los hematíes unido inestablemente a una pseudoproteína, la metalotioneína que es el medio de transporte del cadmio en el plasma sanguíneo.

El cadmio absorbido es transportado por la sangre a diversos órganos y tejidos, principalmente a riñones e hígado. En el organismo, 50% del cadmio absorbido se encuentra en estos órganos, siendo los músculos, el páncreas, las glándulas salivales y el sistema nervioso central otros

órganos que acumulan este metal, aunque este último presenta muy bajas concentraciones. En exposición no laboral, la alimentación es la fuente más importante de ingesta de cadmio. La absorción por el tracto gastrointestinal es de aproximadamente 50%. La dieta deficiente en Ca, Fe o proteínas, incrementa la velocidad de su absorción ⁽²³⁾.

2.4.3.2. Distribución

En condiciones normales de distribución, el cadmio absorbido se excreta principalmente por orina y en menor cantidad con la bilis, aunque pequeñas porciones puedan eliminarse con sudor, pelo y aún secreción gastrointestinal, pero el cadmio que sale con heces en su mayor parte es el que no se absorbió ⁽³⁴⁾. La vida media del cadmio en el organismo es muy larga y se estima entre 10 a 30 años, periodo en el cual permanece almacenado en varios órganos ⁽²³⁾.

2.4.3.3. Bioacumulación

La acumulación de Cd en riñón e hígado depende de la intensidad, del tiempo de exposición y del estado óptimo de la función de excreción renal. En ambos casos se ha encontrado incremento con la edad. Después de sobreexposición alcanza concentraciones elevadas en el hígado; pero con el tiempo el metal se localiza en el riñón. Se ha descrito también que las concentraciones renales de zinc se incrementan al aumentar las de cadmio y que la capacidad de almacenamiento de la corteza es limitada a 300 µg/g. ⁽⁵⁸⁾.

El complejo metalotioneína-cadmio se filtra a través de los glomérulos a la orina primaria. Al igual que en el caso de otras proteínas y aminoácidos de bajo peso molecular, las células de los túbulos

proximales reabsorben el complejo metalotioneína-cadmio de la orina primaria; en estas células, las enzimas digestivas degradan las proteínas en péptidos de menor tamaño y aminoácidos. Los iones de cadmio libres que se liberan tras la degradación de la metalotioneína inician una nueva síntesis de metalotioneína, que se une al cadmio y protege a la célula de los efectos sumamente tóxicos de los iones libres de cadmio. Se piensa que cuando se supera la capacidad de producción de metalotioneína en las células de los túbulos, se produce la insuficiencia renal. Los riñones y el hígado presentan las concentraciones de cadmio más elevadas, puesto que contienen cerca del 50% de la carga corporal de cadmio. La concentración de cadmio en la corteza renal, antes de que se produzcan lesiones renales inducidas por este metal, es aproximadamente 15 veces superior a la concentración hepática⁽⁵⁸⁾.

2.4.3.4. Excreción

La eliminación del cadmio es muy lenta y por ello se acumula en el organismo, aumentando su concentración con la edad y el tiempo de exposición. Tomando como base la concentración en un mismo órgano a diferentes edades, se ha calculado que la semivida biológica del cadmio en el hombre oscila entre 7 y 30 años. El cadmio tiene una semivida de eliminación muy larga, unos 15 años. La mayor parte se deposita en el hígado y en los riñones, y se elimina esencialmente por la vía renal, intestinal y por las faneras.⁽⁵⁸⁾

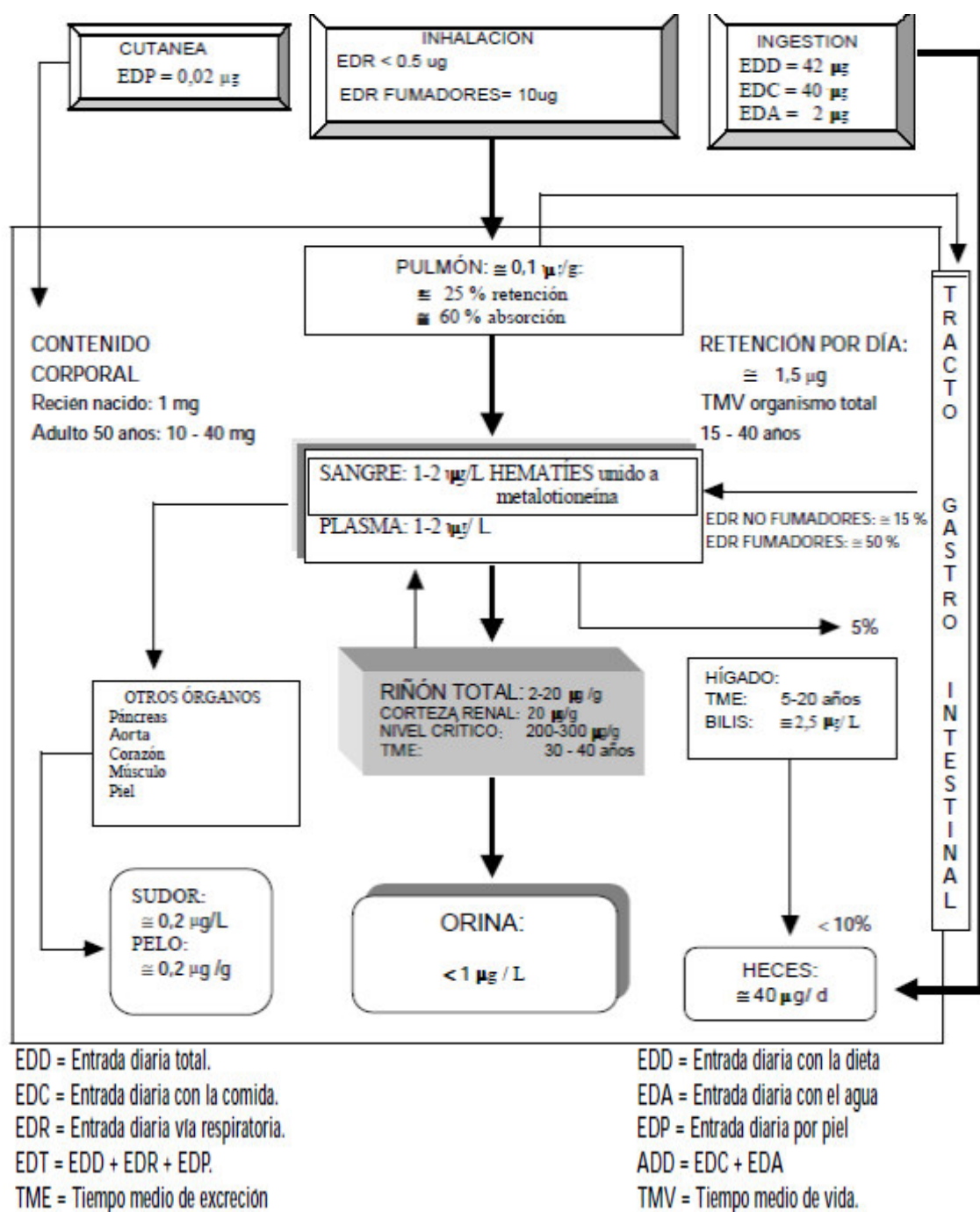


FIGURA N° 8. Toxicocinética del Cadmio (23)

2.4.4. Toxicodinámia

El cadmio es un xenobiótico y, por tanto, un metal tóxico y no esencial para el organismo, que se acumula en los tejidos humanos. Los órganos blancos son riñón y pulmón. En exposición laboral o ambiental, sus principales efectos tóxicos son: neumonitis química, disfunción renal con proteinuria y microproteinuria y enfisema. ^(15, 26)

El riñón es más sensible al cadmio que pulmón e hígado y el epitelio del túbulo renal proximal es el punto blanco (Ver Figura N°9). Su deterioro se pone de manifiesto por el incremento de proteínas de peso molecular bajo, lo que causa “proteinuria de peso molecular bajo”. Concomitantemente, hay alteración de la filtración glomerular, por cambios en la restricción electrostática para la filtración de las proteínas polianiónicas, lo que disminuye su reabsorción y conduce a incrementar la excreción urinaria de proteínas de peso molecular alto, que origina “proteinuria de peso molecular alto”.

2.4.4.1. Mecanismo de acción

Teóricamente, pues no se ha demostrado in vivo, la acción tóxica del cadmio se debería a su afinidad por radicales de los grupos –SH, –OH, carboxilo, fosfatil, cisteinil e histidil y a su acción competitiva con otros elementos funcionalmente esenciales, Zn, Cu, Fe y Ca. Sus principales interacciones serían:

- Unión fuerte del Cd a los grupos –SH de las proteínas intracelulares, que inhibiría a las enzimas que poseen estos grupos y

- Desplazamiento del Zn de los enlaces -S- y la consiguiente alteración enzimática y de sus procesos bioquímicos, que se refleja en su deficiencia relativa ^(15, 26, 58).

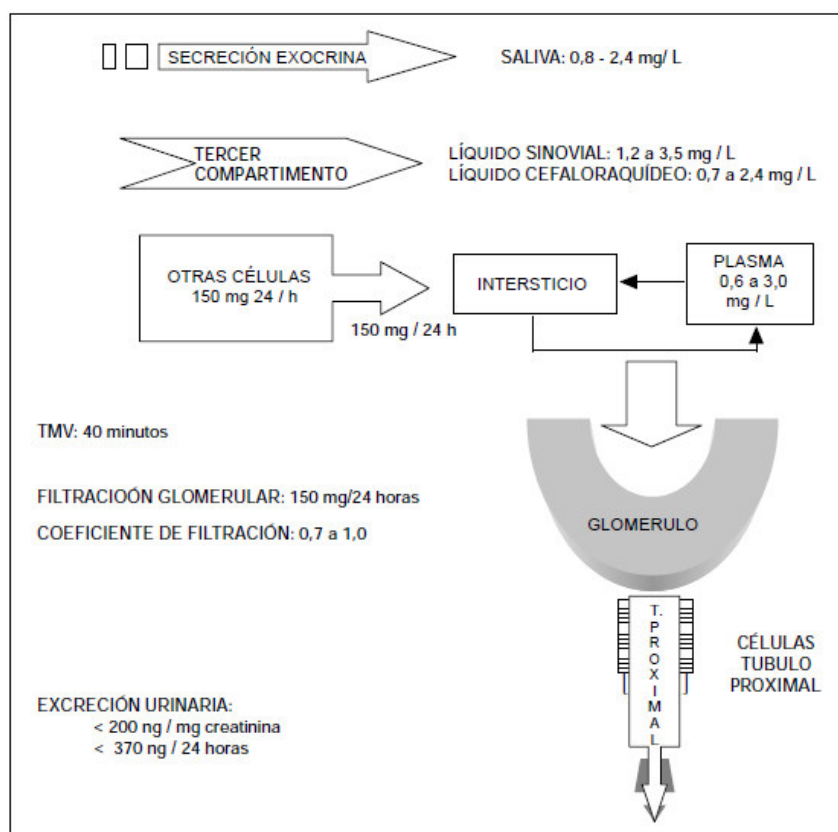


FIGURA N° 9. Toxicología del Cadmio. Vía metabólica de beta 2 microglobulina (58)

2.4.5. Sintomatología Clínica

Las manifestaciones clínicas de la exposición al cadmio pueden clasificarse, de acuerdo con el tiempo y modo de dicha exposición, en agudas y crónicas y en las debidas a inhalación y a ingestión, respectivamente. Las intoxicaciones que afectan a la población general, salvo situaciones de accidentes o contaminaciones masivas, por ejemplo de alimentos, suelen ser de carácter crónico; sin embargo, en la población ocupacional es frecuente encontrar intoxicaciones agudas y crónicas muy características. La clínica de las intoxicaciones por cadmio es variable y sus efectos en la salud son

como los de cualquier sustancia peligrosa y dependen de la dosis, la duración y el tipo de exposición, la presencia de otras sustancias químicas, así como de las características y los hábitos de la persona. ⁽²³⁾

2.4.5.1. Intoxicación Aguda

Este tipo de intoxicación, va depender mucho de la vía de entrada de este contaminante, ya que las manifestaciones clínicas son independientes de la vía de ingreso y del tipo de exposición. ⁽²³⁾

Si la intoxicación ha ocurrido por la vía digestiva, pues esta da lugar a un episodio de gastroenteritis, con cólicos epigástricos, vómitos, diarreas y mialgias. El dolor abdominal que presenta la persona intoxicada, puede ser muy intenso pudiendo llevarlo hasta el colapso. ⁽²³⁾

Por el contrario si la intoxicación es por vía respiratoria, se produce un cuadro de irritación pulmonar grave, lo que es conocido como neumonitis química, disnea, cianosis y tos, que a veces va precedida de un intervalo de latencia de 1 a 8 horas. En algunas ocasiones se pueden observar signos de lesión hepatorenal y en casos más graves, puede derivar a un edema pulmonar agudo, el cual puede llegar a ser mortal. Sin embargo en la mayoría de casos, la evolución suele ser favorable. ⁽²³⁾

2.4.5.2. Intoxicación Crónica

Cuando la exposición es prolongada a este metal, suelen ocurrir una serie de manifestaciones que son características. Se pueden dividir en 3 fases⁽⁵⁸⁾

1) En la primera fase, el cadmio que ingresa al organismo se acumula en la corteza renal y se liga a la metalotioneína. Si la ligazón cadmio-

metalotioneína no se satura, la eliminación de cadmio urinario está en relación directa a la cantidad acumulada en la corteza renal.

2) En exposiciones prolongadas, una segunda fase resulta en saturación de los sitios de unión cadmio-metalotioneína y, por tanto, el incremento del cadmio urinario en esta fase reflejará carga corporal.

3) Una tercera fase se caracteriza por disfunción renal, en la que excreción de cadmio está directamente relacionada al daño renal.

Otros efectos sobre la salud pueden ser: fractura de huesos, fallos en la reproducción y posibilidad incluso de infertilidad, daño al sistema nervioso central, daño al sistema inmune, posible daño al ADN o desarrollo de cáncer. La agencia internacional de investigaciones sobre el cáncer (IARC) clasifico a los compuestos de Cd como carcinógenos humanos. ⁽³³⁾.

También es considerado un disruptor endocrino debido a su capacidad de unirse a los receptores celulares estrogénicos y mimetizar las acciones de los estrógenos y además existe evidencia de que la exposición a Cd puede conducir al desarrollo de cáncer de próstata y mama. ⁽²¹⁾.

2.4.6. Tratamiento

Para el tratamiento por una intoxicación con este metal, se recomienda el uso de quelante, para así poder retirar el Cd presente en la circulación y/o acumulado en los órganos. Pero en el caso de una intoxicación crónica, lo primero que se debe hacer es retirar al paciente, de la fuente de exposición. ⁽³⁹⁾ Los quelantes de elección para los casos de intoxicación por cadmio son los siguientes:

- En personas que toleran la vía oral se empleará el Succimero o DMSA (ácido 2,3-dimercaptosuccínico) a razón de 10 mg/kg de peso cada 8 horas por 5 días, y luego continuar la misma dosis cada 12 horas por Importante: El cadmio atraviesa la barrera placentaria fácilmente, induciendo allí la síntesis de metalotioneína, con la que forma el complejo cadmio-metalotioneína, que se acumula progresivamente en la placenta durante el embarazo, actuando como mecanismo protector frente al transporte de cadmio al feto. Los siguientes 14 días, durante la administración de la terapia se debe monitorizar la función renal y realizar análisis de sangre. ⁽³⁹⁾
- En personas que no toleran la vía oral, el agente quelante de elección es el Ácido Etilen Diamino Tetraacético Calcio Disódico (CaNa₂EDTA), que posee un amplio espectro para quelar metales, utilizándose principalmente en el tratamiento de las intoxicaciones por plomo, zinc, manganeso, cobre, mercurio, cadmio y berilio. Se puede administrar por vía endovenosa o intramuscular, a una dosis de 75 mg/kg/día en tres a seis dosis por cinco días (dosis total por cinco días que no excedan de 500 mg/kg). Durante la administración del tratamiento se deberá supervisar la función renal y el volumen urinario. ⁽³⁹⁾
- No se debe usar el Dimercaprol (BAL), puesto que el compuesto BAL-Cadmio es tóxico, debido a que cationes de metales duros, alcalinos y alcalinotérreos tienen más afinidad por los grupos COO-. ⁽³⁹⁾

2.4.7. Química Ambiental del Cadmio

La principal fuente de contaminación de cadmio en el ser humano es la ingesta de vegetales contaminados con este metal. Químicamente, el cadmio se puede encontrar disuelto en el agua contenida en el suelo, adsorbido en superficies orgánicas e inorgánicas, formando parte de minerales, precipitado con otros compuestos del suelo o incorporado a estructuras biológicas. Sin embargo, la biodisponibilidad del cadmio para la planta depende de numerosos factores físicos, químicos y biológicos que modifican su solubilidad y el estado del metal en el suelo.

Uno de los principales factores es el pH del suelo, el potencial redox, la temperatura y el contenido en arcillas, materia orgánica, y agua. Generalmente, el cadmio se une fuertemente a la materia orgánica en el suelo; en esta forma puede ser absorbido por las plantas e incorporarse entrando a las cadenas tróficas. Por último, es importante destacar el tipo de cultivo del que se trate, ya que no todas las plantas acumulan cadmio en igual medida ⁽⁶¹⁾. (Ver Figura N°10)

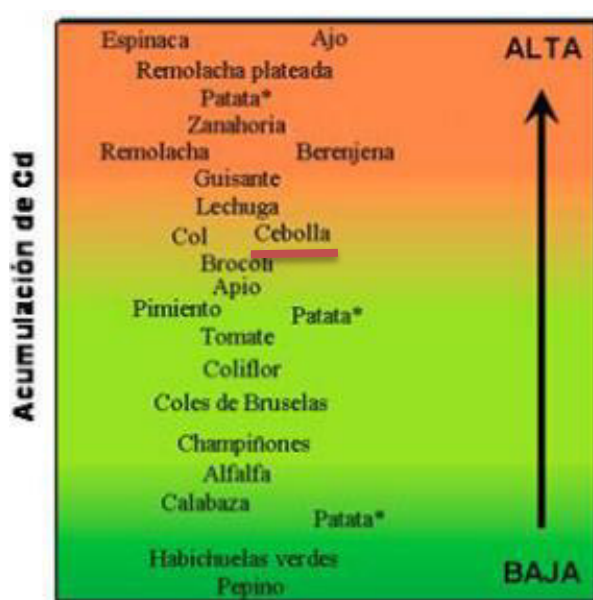


FIGURA N° 10. Capacidad de Acumular Cd en diversos tipos de plantas. (61)

Por ser un metal no esencial se asume que no existen mecanismos de entrada específicos para el cadmio. Entre las proteínas responsables de la entrada de cadmio a la célula deben destacar el transportador específico de calcio LCT1, y la proteína IRT1, perteneciente a la familia de transportadores de Zn y Fe. Una vez dentro de la célula el cadmio puede coordinarse con ligandos de S como glutatión (GSH) o fitoquelatinas (PCs) y ácidos orgánicos como el citrato. Estudios por diversos autores han mostrado que la concentración de fitoquelatinas aumenta en respuesta a la absorción de cadmio, tanto en plantas no tolerantes como en plantas tolerantes, pero en estas últimas la síntesis de fitoquelatinas parece ocurrir más rápidamente y en mayor cantidad ⁽⁴⁾.

Otras posibles moléculas responsables de la quelación del cadmio son pequeñas proteínas ricas en cisteína denominadas metalotioneínas (MTs). De esta forma, los complejos Cd-ligando pueden ser transportados al interior de la vacuola o a otras células. En la planta, el cadmio se acumula preferentemente en la raíz, secuestrado en la vacuola de las células, y solo una pequeña parte es transportada a la parte aérea de la planta concentrándose en orden decreciente en tallos, hojas, frutos y semillas. Una vez en la raíz, el cadmio puede pasar al xilema a través del apoplasto y/o a través del simplasto formando complejos ⁽⁶¹⁾.

2.4.8. Límites establecidos para Cadmio

A Nivel Internacional

El comité Mixto FAO/OMS de Expertos de aditivos Alimentarios (JECFA) estableció en 2010 el valor de ingesta mínima tolerable mensual (IMTP)

para el cadmio de 25 ug/kg de peso. ⁽¹⁸⁾. En el año 2011, el JECFA estableció nuevos valores de ingesta mínima tolerable semanal (ISTP) 2,5 ug/kg. ⁽¹⁹⁾.

La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (AESAN) realizó en el año 2009 un metaanálisis de un gran número de estudios analizando la relación entre concentraciones de cadmio en orina y la aparición de proteinuria. Relacionando los valores de cadmio en orina con los de exposición a través de la dieta, estableció una ISTP de 2,5 ppb (equivalente a 10 ug/kg/mes). Dicha cifra es considerablemente menor que la recomendada por el JECFA⁽¹⁷⁾.

A Nivel Nacional

En la normativa peruana, según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), se indica los parámetros de metales pesados en Categoría 3 (agua utilizada en el riego de vegetales), para Cd 0,01 ppm y el ECA para metales en suelo agrícola, Cd Total 1,4 ppm. ⁽⁴⁰⁾.

III. PARTE EXPERIMENTAL

3.1. OBTENCIÓN Y RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

3.1.1. Área de Estudio

El departamento de Lima está conformado por 10 provincias más una Provincia Constitucional que es el Callao, asimismo cuenta con 177 distritos que pertenecen 171 a las 10 Provincias de Lima y 6 distritos a la Provincia Constitucional del Callao. (Ver Figura N° 11)

Tiene una extensión aproximada de 33 mil 820 kilómetros cuadrados y su población supera los 9 millones 320 mil habitantes ⁽³²⁾, donde la mayoría de ellos habita en los conos (80%). ⁽³²⁾

Presenta un clima costero, el cual permite la siembra de una gran diversidad de hortalizas, pero no de todas las especies. Es por ello que un gran porcentaje de estos vegetales, son traídos de la zona Norte y Sur del país.



FIGURA N° 11. Mapa del Departamento de Lima por distritos. (32)

3.1.2. Muestreo

Para realizar el análisis respectivo, se recolectaron en total 30 muestras de cebolla (*Allium cepa*) tomando como población de estudio a las cebollas de color morado y que son procedentes de los departamentos de Arequipa, Trujillo y Lima (Huaral). El muestreo se realizó en 15 distritos de la Ciudad de Lima, en donde se tomaron 2 muestras por distrito, en el mes de Enero 2018.

Para la recolección de las muestras, se utilizaron bolsas de polipropileno con cierre hermético y fueron guardadas en un cooler de tecnopor a una temperatura de 5-10°C para su mantenimiento y rotuladas según el distrito de procedencia. Se procedió a trasladar las muestras al laboratorio de Unidad de Servicios y Análisis Químicos (USAQ-UNMSM).

3.2. TOMA DE MUESTRA

Al realizar la recolección de las muestras, se tomó en cuenta los distritos de la Ciudad de Lima que son considerados los más poblados de la capital, por lo cual se dividió por zonas Lima Norte, Lima Centro y Lima Sur para proceder al muestreo. (Ver Tabla N°4, Tabla N°5, Tabla N°6 y Tabla N°7)

Tabla N° 4. Distritos de la Ciudad de Lima en donde se realizó el muestreo de cebolla

Distritos donde se realizó el muestreo-Ciudad de Lima		
Lima Norte	Lima Centro	Lima Sur
Puente Piedra	Cercado de Lima	Villa El Salvador
Comas	Pueblo Libre	Villa María del Triunfo
San Martín de Porres	Jesús María	Chorrillos
Los Olivos	La Victoria	San Juan de Miraflores
Independencia	Rímac	Surco

Tabla N° 5. Mercados de Lima Norte en donde se realizó el muestreo de cebollas y la procedencia de las muestras.

Distrito	Lugar de Muestreo	Procedencia de la muestra
Puente Piedra	Mercado Tres Regiones	TRUJILLO
	Mercado Huamantanga	HUARAL
Comas	Mercado Túpac Amaru	AREQUIPA
	Mercado Año Nuevo	AREQUIPA
San Martín de Porres	Mercado Naranjal	AREQUIPA
	Mercado Virgen de Fátima	TRUJILLO
Los Olivos	Mercado El Olivar	AREQUIPA
	Mercado Productores	HUARAL
Independencia	Mercado Virgen	TRUJILLO
	Mercado Los Incas	AREQUIPA

Tabla N° 6. Mercados de Lima Centro en donde se realizó el muestreo de cebollas y su lugar de procedencia.

Distrito	Lugar de Muestreo	Procedencia d las muestras
Cercado de Lima	Mercado La Aurora	AREQUIPA
	Mercado Venezuela	AREQUIPA
Pueblo Libre	Mercado El Bolívar	AREQUIPA
	Mercado Simón Bolívar	AREQUIPA
Jesús María	Mercado Jesús María	HUARAL
	Mercado San José	TRUJILLO
La Victoria	Mercado La Parada	AREQUIPA
	Mercado Tres de Febrero	AREQUIPA
Rímac	Mercado Chira	AREQUIPA
	Mercado Caquetá	AREQUIPA

Tabla N° 7. Mercados de Lima Sur en donde se realizó el muestreo de cebollas y su lugar de procedencia.

Distrito	Lugar de Muestreo	Procedencia de las muestras
Villa El Salvador	Mercado Mensajero de la Paz	AREQUIPA
	Mercado Juan Velasco Alvarado	AREQUIPA
Villa María del Triunfo	Mercado Las Conchitas	AREQUIPA
	Mercado Central N° 2	HUARAL
San Juan de Miraflores	Mercado Ciudad de Dios	AREQUIPA
	Mercado San Pedro	TRUJILLO
Chorrillos	Mercado La Paradita	AREQUIPA
	Mercado Santa Rosa	AREQUIPA
Surco	Mercado N° 2	AREQUIPA
	Mercado Anexo N° 2	TRUJILLO

3.3. ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DE LAS MUESTRAS DE CEBOLLA

3.3.1. Peso de las muestras

Tabla N° 8. Peso total de una muestra representativa y peso promedio de las muestras de cebolla según su lugar de procedencia.

	Muestra de Arequipa	Muestra de Huaral	Muestra de Trujillo
Peso de la muestra problema	187,18 g	121,44 g	123,03 g
Peso Promedio	117,49 g	116,00 g	127,32 g

3.3.2. Determinación del pH

Tabla N° 9. Medición del pH de las muestras de cebolla según su lugar de procedencia

	Muestra de Arequipa	Muestra de Huaral	Muestra de Trujillo
pH	6,07	5,89	6,11

3.3.3. Determinación del Rendimiento

Tabla N° 10. Porcentaje de rendimiento de las muestras de cebolla según su lugar de procedencia.

	Muestra de Arequipa	Muestra de Huaral	Muestra de Trujillo
% de Rendimiento	89,12 %	90,77%	91,85%

3.3.4. Determinación del Humedad

Tabla N° 11. Humedad y humedad promedio de las muestras de cebolla según su lugar de procedencia.

	Muestra de Arequipa		Muestra de Huaral		Muestra de Trujillo	
	MA1	MA2	MH1	MH2	MT1	MT2
Humedad	81,5%	79,6%	81,8%	80,3%	73,0%	81,6%
Humedad Promedio	80,6%		81,0%		77,3%	

3.3.5. Cenizas

Tabla N° 12. Determinación de las cenizas totales en las muestras de cebolla según su lugar de procedencia.

	Muestra de Arequipa	Muestra de Huaral	Muestra de Trujillo
Cenizas totales	0,96 %	0,60 %	0,52 %

3.4. DETERMINACIÓN DEL ARSÉNICO Y CADMIO

3.4.1. Fundamento del Método empleado

La determinación de los niveles de concentración de Arsénico y Cadmio en muestras de cebolla (*Allium cepa*) se hizo mediante el método de Espectrometría de Absorción Atómica-Horno de Grafito. (Ver Figura N°12)

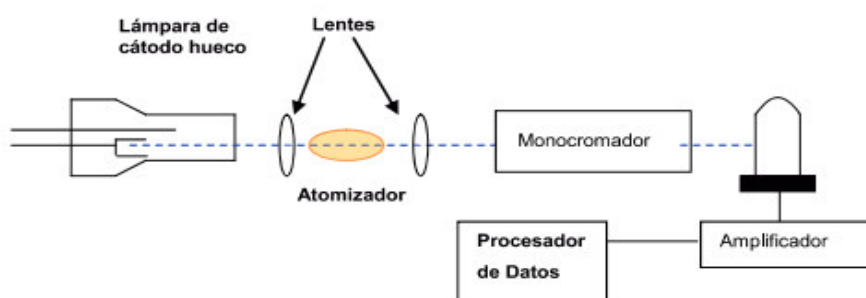


FIGURA N° 12. Esquema de los constituyentes de un equipo de Espectrofotometría de Absorción Atómica. (67)

El principio del método se basa en la absorción de luz por parte de un elemento en estado atómico. La longitud de onda a la cual la luz es absorbida es específica de cada elemento. Se mide la atenuación de la intensidad de la luz como resultado de la absorción, siendo la cantidad de radiación absorbida proporcional a la cantidad de átomos del elemento

presente. El método involucra fundamentalmente 2 procesos: la atomización de la muestra y la absorción de radiación proveniente de una fuente por los átomos libres ⁽⁶⁷⁾. El tratamiento de la muestra hasta la atomización comprende las siguientes etapas:

- Secado: Una vez que la muestra ha sido inyectada en el tubo de grafito, se calienta a una temperatura algo inferior al punto de ebullición del solvente (usualmente entre 80 a 180 °C). El objetivo de esta etapa es la evaporación del solvente. La muestra inyectada (2-20 µL) en el horno de grafito es sometida a una temperatura algo inferior al punto de ebullición del solvente (80 a 180 °C). Aquí se evaporan el solvente y los componentes volátiles de la matriz. ⁽⁶⁷⁾
- Calcinado: El próximo paso del programa es el calcinado por incremento de la temperatura, para remover la mayor cantidad de material (materia orgánica) de la muestra como sea posible, sin pérdida del analito. La temperatura de calcinación usada varía típicamente en el rango de 350 a 1600 °C. Durante el calcinado, el material sólido es descompuesto mientras que los materiales refractarios, como por ejemplo los óxidos, permanecen inalterados. ⁽⁶⁷⁾
- Atomización: En esta etapa, el horno es calentado rápidamente a altas temperaturas (1800-2800 °C) para vaporizar los residuos del paso de calcinado. Este proceso lleva a la creación de átomos libres en el camino óptico. Se mide la absorbancia durante este paso. La temperatura de atomización depende de la volatilidad del elemento ⁽⁶⁷⁾.

Usualmente se agrega una cuarta etapa para limpieza del horno a una temperatura algo superior a la temperatura de atomización. Cuanto mejor

sea la separación de los elementos concomitantes del analito, mejor será la atomización y la determinación estará más libre de interferencias ^(5; 67).

3.4.2. Preparación de estándares para As

- Estándar patrón de arsénico, 100 µg/mL; medir 10 mL del estándar certificado y diluir a 100 mL con agua ultrapura. El estándar tiene una duración de un año.
- Estándar de arsénico, 10 µg/mL; medir 10 mL del estándar de 100 µg/mL y diluir a 100 mL con ácido clorhídrico ultra puro al 10 %. Tiene una duración de 6 meses.
- Estándar de arsénico, 1 µg/mL; medir 10 mL del estándar de 10 µg/mL y diluir a 100 mL con ácido clorhídrico ultra puro al 10 %. Tiene una duración de una semana.
- Estándar de arsénico, 0.1 µg/mL (100 µg/L): medir 5 mL del estándar de 1 mg/L y diluir a 50 mL con ácido clorhídrico ultra puro al 10 %. Tiene una duración de un día.
- Estándar de calibración. 0.05 µg/mL (50 µg/L); medir 25 mL del estándar de 0.1 mg/L y diluir a 50 mL con ácido clorhídrico ultra puro al 10%. Tiene una duración de un día.
- Estándares de calibración: el estándar de 50 µg/L será diluido por medio del autosampler con agua desionizada para obtener concentraciones de 5 µg/L (2:18), 10 µg/L (4:16) y 20 µg/L (8:12).
- Blanco de calibración: tomar un volumen de agua ultrapura acidificada con la misma cantidad de ácido que los estándares de calibración.

3.4.3. Preparación de estándares para Cadmio

- Estándar patrón de cadmio, 100 µg/mL; medir 100 mL del estándar certificado de 1000 mg/L y diluir a 100 mL en un matraz volumétrico con agua ultrapura. El estándar tiene una duración de seis meses.
- Estándar de cadmio, 10 mg/L; medir 10 mL del estándar de 10 mg/L y luego se llevó a una fiola de 100 mL, para enrasar con el ácido nítrico al 0,2 %. Tiene una duración de 3 meses.
- Estándar de cadmio, 1 mg/L; medir 10 mL del estándar de 10 mg/L y luego se llevó a una fiola de 100 mL para enrasar con el diluyente. Tiene una duración de 1 semana.
- Estándar de cadmio, 10 µg/L: medir 1 mL del estándar de 1 mg/L y luego se llevó a una fiola de 100 mL para enrasar con el diluyente. Se tiene que preparar diariamente.
- Los estándares de calibración obtenidos son de 4 µg/L, 6 µg/L, 8 µg/L. El equipo prepara automáticamente estos estándares a partir del estándar de 10 µg/L.
- Blanco de calibración: tomar un volumen de agua ultrapura.

3.5. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

3.5.1. Materiales

- Fiolas 25 mL clase A
- Probetas de 10 mL
- Vasos de precipitados
- Baguetas
- Lunas de reloj

- Papel de filtrado de celulosa Whatman Nro. 40
- Embudos de líquidos.
- Pipetas de 5 mL, 10 mL, 50 mL y 100 mL
- Balanza analítica
- Bisturí de alimentos
- Caja de Tecnopor
- Bolsas de polipropileno con cierre hermético

3.5.2. Reactivos

- Estándar certificado de Arsénico de 1000 mg/L
- Estándar certificado de Cadmio de 1000 mg/L
- Ácido Nítrico, HNO_3 concentrado ultrapuro, para preparación de estándares.
- Ácido Nítrico, HNO_3 concentrado para analisis de trazas, para la digestión de las muestras.
- Ácido Sulfúrico, H_2SO_4 concentrado para analisis y digestión de las muestras.
- Agua desionizada
- Ácido clorhídrico, HCl ultra puro al 10 %

3.5.3. Equipos

➤ CADMIO

CARACTERÍSTICAS
Espectrofotómetro de absorción atómica SHIMADZU Modelo AA –6800 Condiciones óptimas de trabajo de las lámparas de Cd PROCEDENCIA: JAPON Horno de grafito GFA-EX7 Inyector automático, Autosampler ASC-6100 Computadora Plancha térmica Balón de Argón, 99.999% de pureza

PARÁMETROS ÓPTICOS PARA Cd
Se usa corrección de fondo (background) Longitud de onda: 228.8 nm SLIT = 1.0 nm Medida de señal: Área del pico (A-As)

➤ ARSÉNICO

CARACTERÍSTICAS
Espectrofotómetro de absorción atómica SHIMADZU Modelo AA –6800 Condiciones óptimas de trabajo de las lámparas de As PROCEDENCIA: JAPON Horno de grafito GFA-EX7 Inyector automático, Autosampler ASC-6100 Computadora Plancha térmica Balón de Argón, 99.999% de pureza

PARÁMETROS ÓPTICOS PARA As
Longitud de onda: 193.7 nm SLIT = 1.0 nm Medida de señal: Área del pico (A-As)

3.6. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

1. La muestra de cebolla (*Allium cepa*) se corta en pequeños trozos con ayuda de un bisturí de alimentos.
2. Luego se procede a pesar, para el caso de la cebolla la parte interna y externa de las mismas, en vasos de precipitado limpios y secos aproximadamente 5g.
3. Se procede a llevar a digestión ácida con 10 mL de ácido nítrico (HNO_3) hasta la formación de un gel.
4. Cuando el volumen haya disminuido se agrega 3mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) hasta completa disolución y luego concentrar.
5. Se deja enfriar, se disuelve en agua, se filtra utilizando filtros Whatman N° 40.
6. Se lleva a una fiola de 25 mL y se procede a enraizar con agua desionizada.
7. Lectura de la muestra en el equipo.

3.6.1. Medición de las muestras de Cebolla

Se encendió el equipo de absorción atómica SHIMADZU AA-6800, así como también el horno de grafito 6FA-EX7 con inyector automático (Autosampler) y la computadora, se colocó la lámpara de cátodo hueco para arsénico y cadmio. Siguiendo el procedimiento de operación del horno de grafito GFA-600, se verificó la calibración del instrumento, asegurando el alineamiento del autosampler antes de iniciar la corrida analítica. Usando el

control manual del brazo muestreador, se hizo balancear el brazo sobre el tubo de grafito, sin tocar el borde del hueco. Luego se colocó en el autosampler, el estándar de trabajo de 20 µg/L, blanco reactivo y las muestras a los viales previamente identificados y enumerados correspondientemente. Se programó la calibración automática y se chequeó la curva de calibración.

3.6.2. Curva de Calibración de Cadmio

Concentración (ppb)	Absorbancia
4.0000	0.2440
6.0000	0.3602
8.000	0.4774

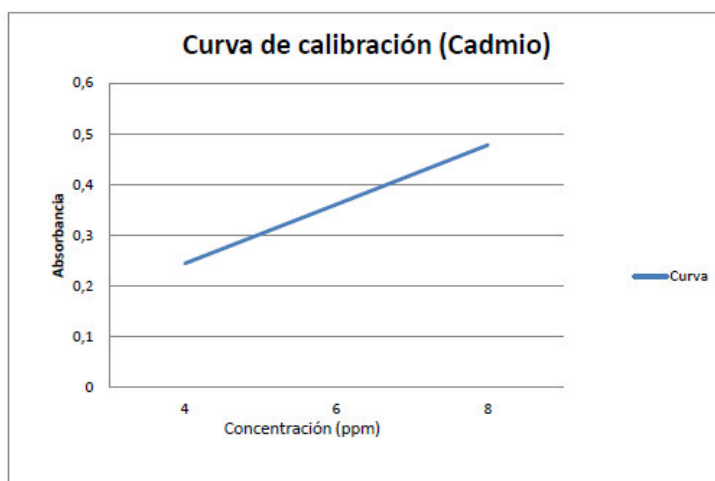


Figura N°13. Curva de calibración del Cadmio

3.6.3. Curva de Calibración de Arsénico

Concentración (ppb)	Absorbancia
5.0000	0.0926
10.0000	0.1371
20.0000	0.2204

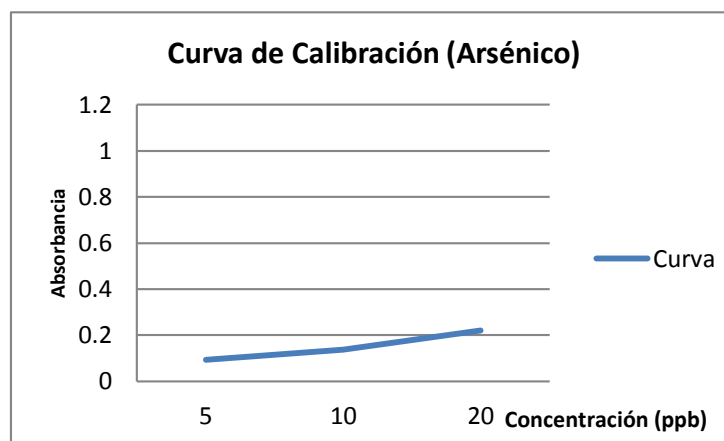


Figura N°14. Curva de calibración del Arsénico

IV. RESULTADOS

Los siguientes resultados, una vez obtenidos, fueron distribuidos en tablas estadísticas para su mayor comprensión. Estas tablas indican los niveles de concentración de Arsénico y Cadmio obtenidos en las muestras de cebolla (*Allium cepa*), así como también el lugar de procedencia de las mismas. (Ver Tabla N°8) (Ver Figura N°15)

Tabla N° 13. Datos y resultados por cada mercado de la concentración de Cd y As

Muestras: 30

Muestras: 30

Código (USAQ)	Mercado	Distrito	Procedencia	Origen	[Cd] mg/kg	[As] mg/kg
006-01	Tres Regiones	PUENTE PIEDRA	TRUJILLO	NORTE	0.03	0.21
006-02	Huamantanga	PUENTE PIEDRA	HUARAL	NORTE	0.02	0.24
006-03	Túpac Amaru	COMAS	AREQUIPA	SUR	0.05	0.26
006-04	Año Nuevo	COMAS	AREQUIPA	SUR	0.06	0.25
006-05	Naranjal	S.M.P.	AREQUIPA	SUR	0.06	0.24
006-06	Virgen de Fátima	S.M.P.	TRUJILLO	NORTE	0.03	0.27
006-07	El Olivar	LOS OLIVOS	AREQUIPA	SUR	0.07	0.33
006-08	Productores	LOS OLIVOS	HUARAL	NORTE	0.04	0.31
006-09	Virgen	INDEPENDENCIA	TRUJILLO	NORTE	0.05	0.36
006-10	Los Incas	INDEPENDENCIA	AREQUIPA	SUR	0.07	0.35
006-11	Chira	RIMAC	AREQUIPA	SUR	0.09	0.43
006-12	Caquetá	RIMAC	AREQUIPA	SUR	0.1	0.45
006-13	La Parada	LA VICTORIA	AREQUIPA	SUR	0.08	0.52
006-14	3 de Febrero	LA VICTORIA	AREQUIPA	SUR	0.09	0.49
006-15	La Aurora	CERCADO DE LIMA	AREQUIPA	SUR	0.11	0.43

006-16	Venezuela	CERCADO DE LIMA	AREQUIPA	SUR	0.1	0.48
006-17	Jesús María	JESUS MARIA	HUARAL	NORTE	0.08	0.51
006-18	San José	JESUS MARIA	TRUJILLO	NORTE	0.07	0.47
006-19	El Bolívar	PUEBLO LIBRE	AREQUIPA	SUR	0.05	0.35
006-20	Simón Bolívar	PUEBLO LIBRE	AREQUIPA	SUR	0.06	0.39
006-21	La Paradita	CHORRILLOS	AREQUIPA	SUR	0.04	0.47
006-22	Santa Rosa	CHORRILLOS	AREQUIPA	SUR	0.05	0.57
006-23	Ciudad de Dios	S.J.M.	AREQUIPA	SUR	0.06	0.55
006-24	San Pedro	S.J.M.	TRUJILLO	NORTE	0.04	0.59
006-25	Las Conchitas	V.M.T.	AREQUIPA	SUR	0.07	0.58
006-26	Central N°2	V.M.T.	HUARAL	NORTE	0.03	0.61
006-27	Mensajero de la Paz	VILLA EL SALVADOR	AREQUIPA	SUR	0.05	0.42
006-28	Juan Velasco Alvarado	VILLA EL SALVADOR	AREQUIPA	SUR	0.06	0.39
006-29	Anexo N°2	SURCO	TRUJILLO	NORTE	0.05	0.46
006-30	N°2	SURCO	AREQUIPA	SUR	0.03	0.48

Figura N°15. Distribución de muestras según su lugar de origen y su procedencia.

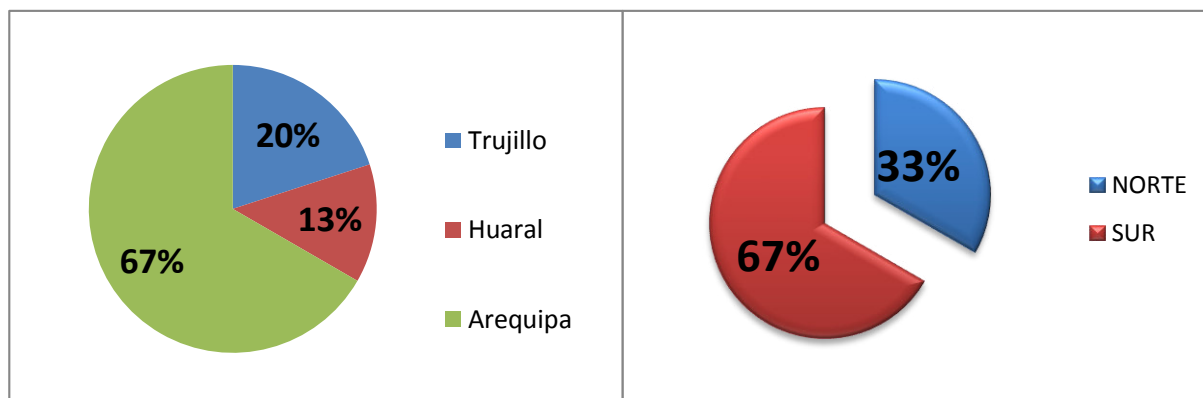


Figura N°16. Concentración de Cadmio (mg/kg) en cada mercado.

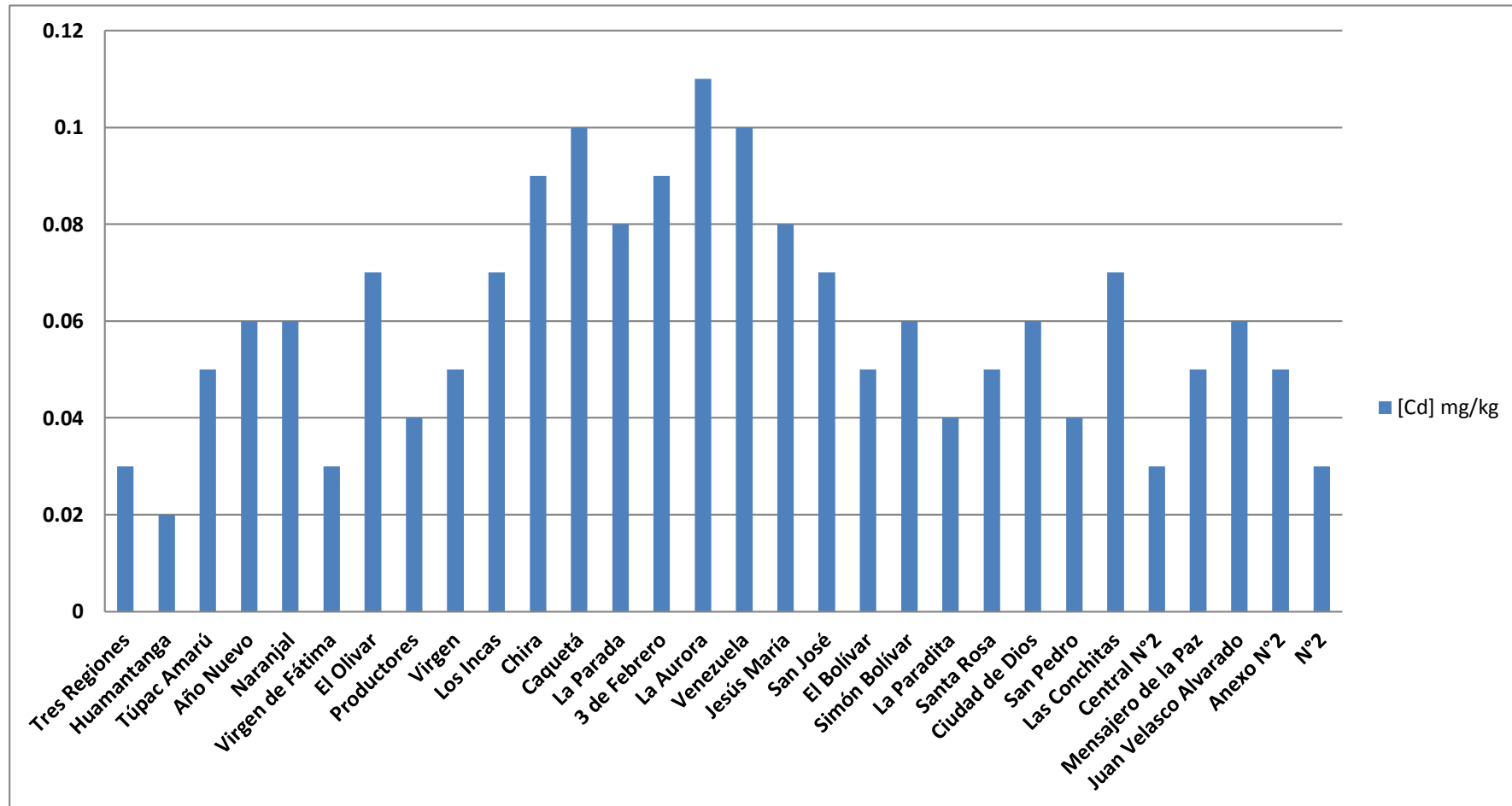


Figura N°17. Concentración de Cadmio (mg/kg) en cada mercado comparado con los Límites Máximos establecidos por la OMS/FAO

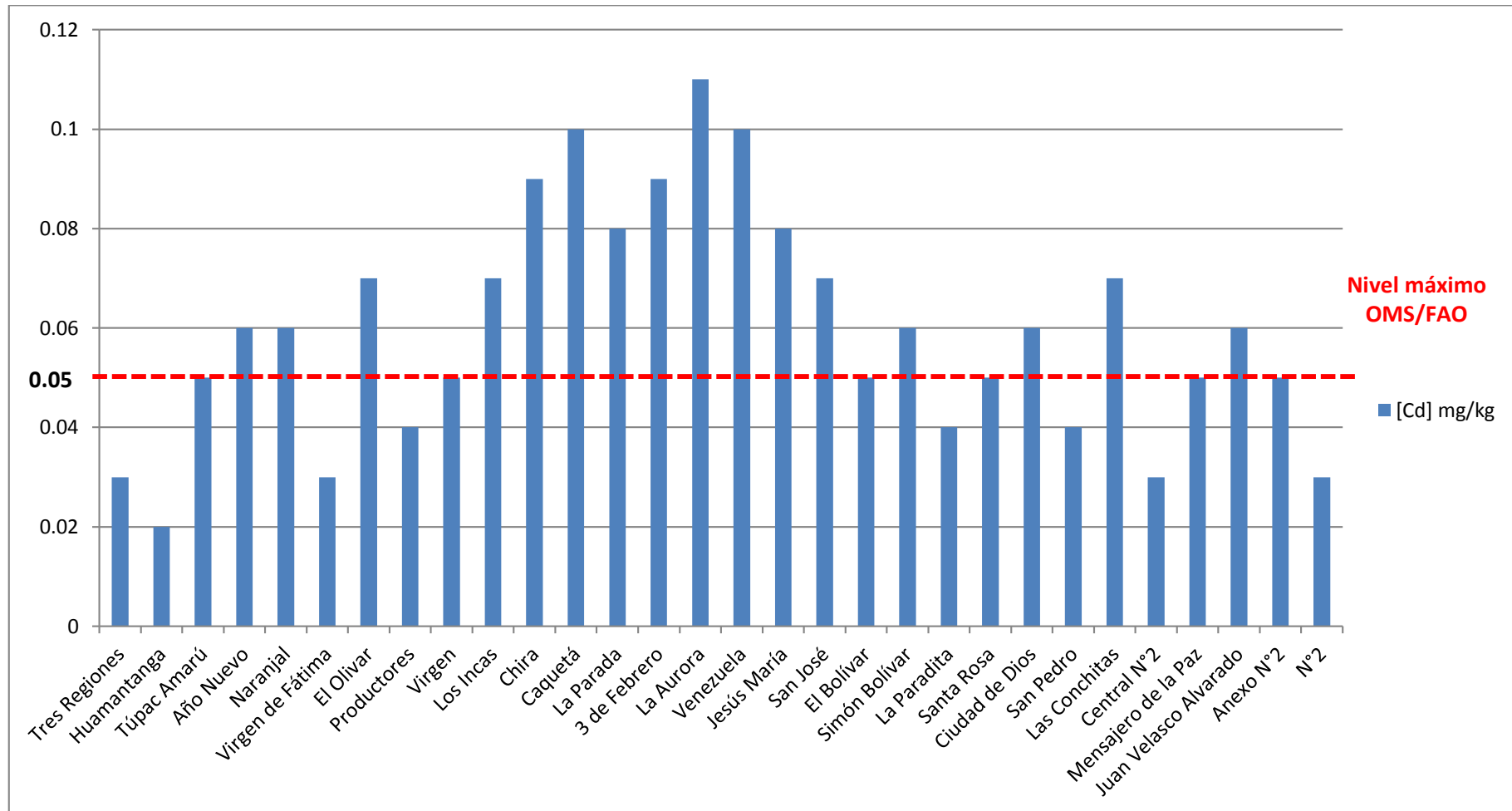


Tabla N°14. Media de los Niveles de Cadmio (mg/kg) según distrito.

Distrito	N	Media	sd
Puente Piedra	2	0,03	0,01
Comas	2	0,06	0,01
SMP	2	0,05	0,02
Los Olivos	2	0,06	0,02
Independencia	2	0,06	0,01
Rímac	2	0,10	0,01
La Victoria	2	0,09	0,01
Cercado de Lima	2	0,11	0,01
Jesús María	2	0,08	0,01
Pueblo Libre	2	0,06	0,01
Chorrillos	2	0,05	0,01
San Juan de Miraflores	2	0,05	0,01
Villa María del Triunfo	2	0,05	0,03
Villa el Salvador	2	0,06	0,01
Surco	2	0,04	0,01
Total	30	0,06	0,02

De la tabla (Ver Tabla N°14) se aprecia que el distrito con mayor media en Cadmio fue Cercado de Lima (0,11 mg/kg), seguido por el Rímac (0,10 mg/kg)

Figura N°18. Media de la Concentración de Cadmio (mg/kg) en cada distrito comparado con los Límites máximos establecidos por la OMS/FAO

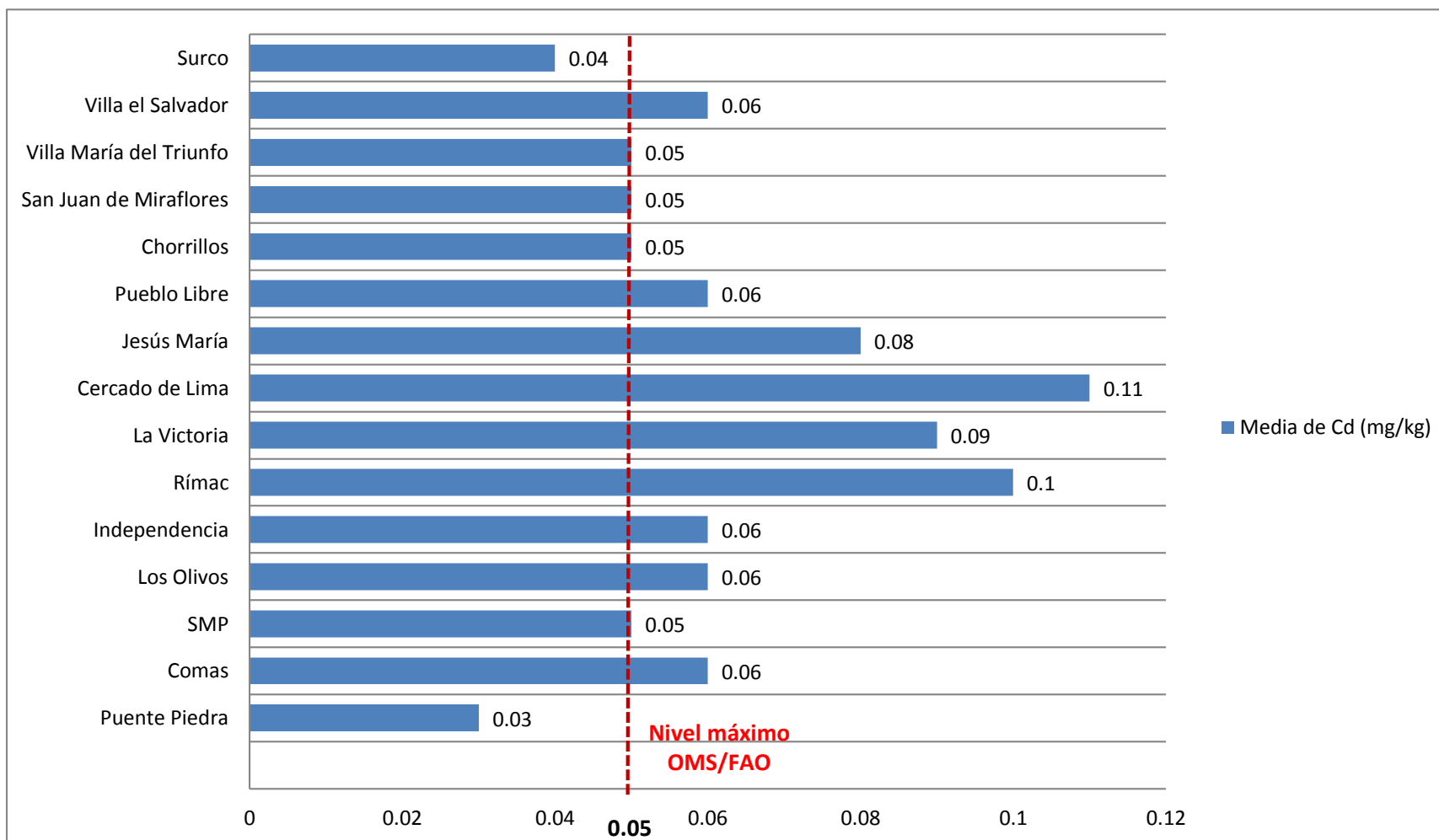


Figura N°19. Concentración de Arsénico (mg/kg) en cada mercado.

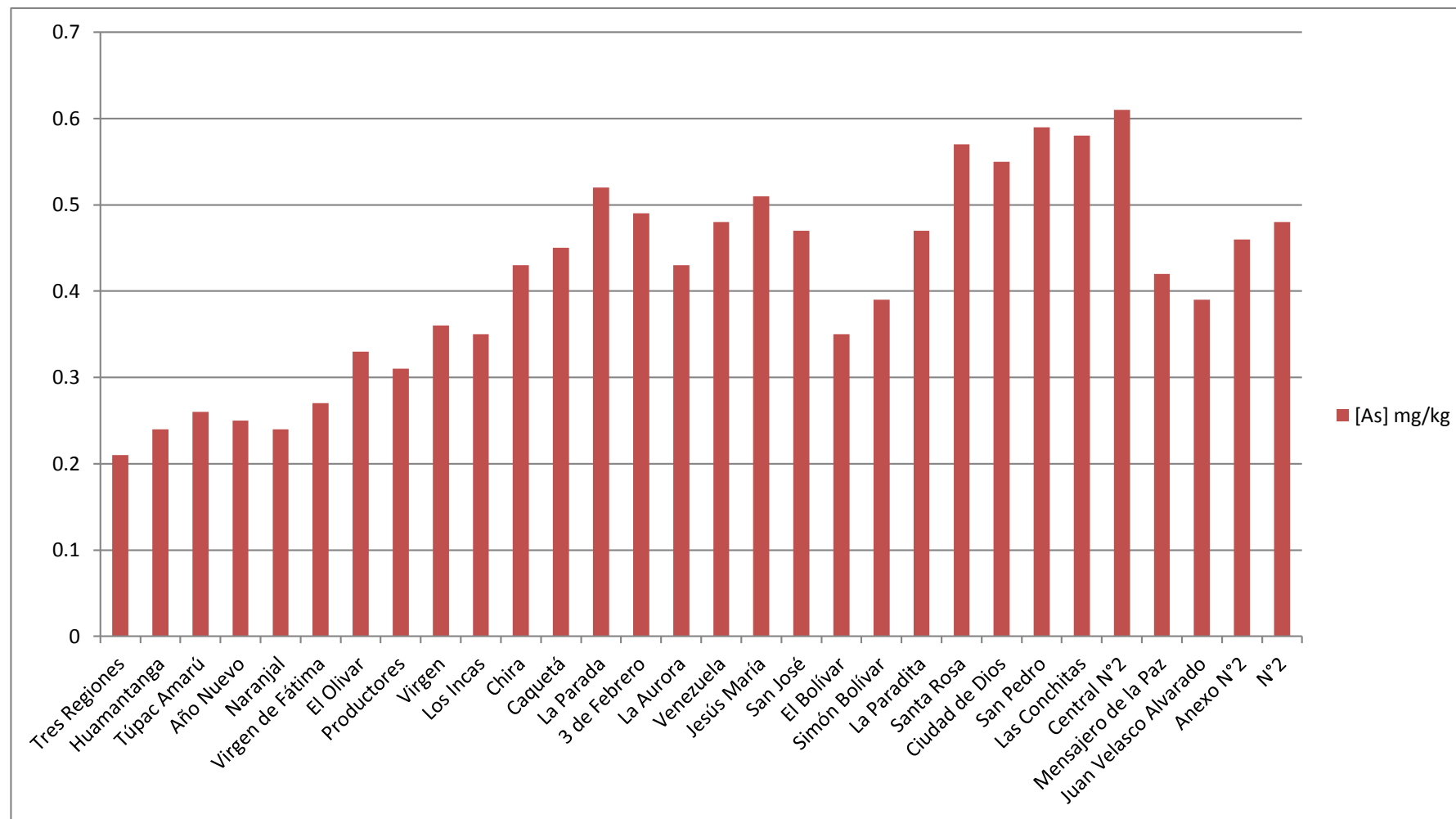


Figura N°20. Concentración de Arsénico (mg/kg) en cada mercado comparado con los Límites Máximos establecidos por la OMS/FAO

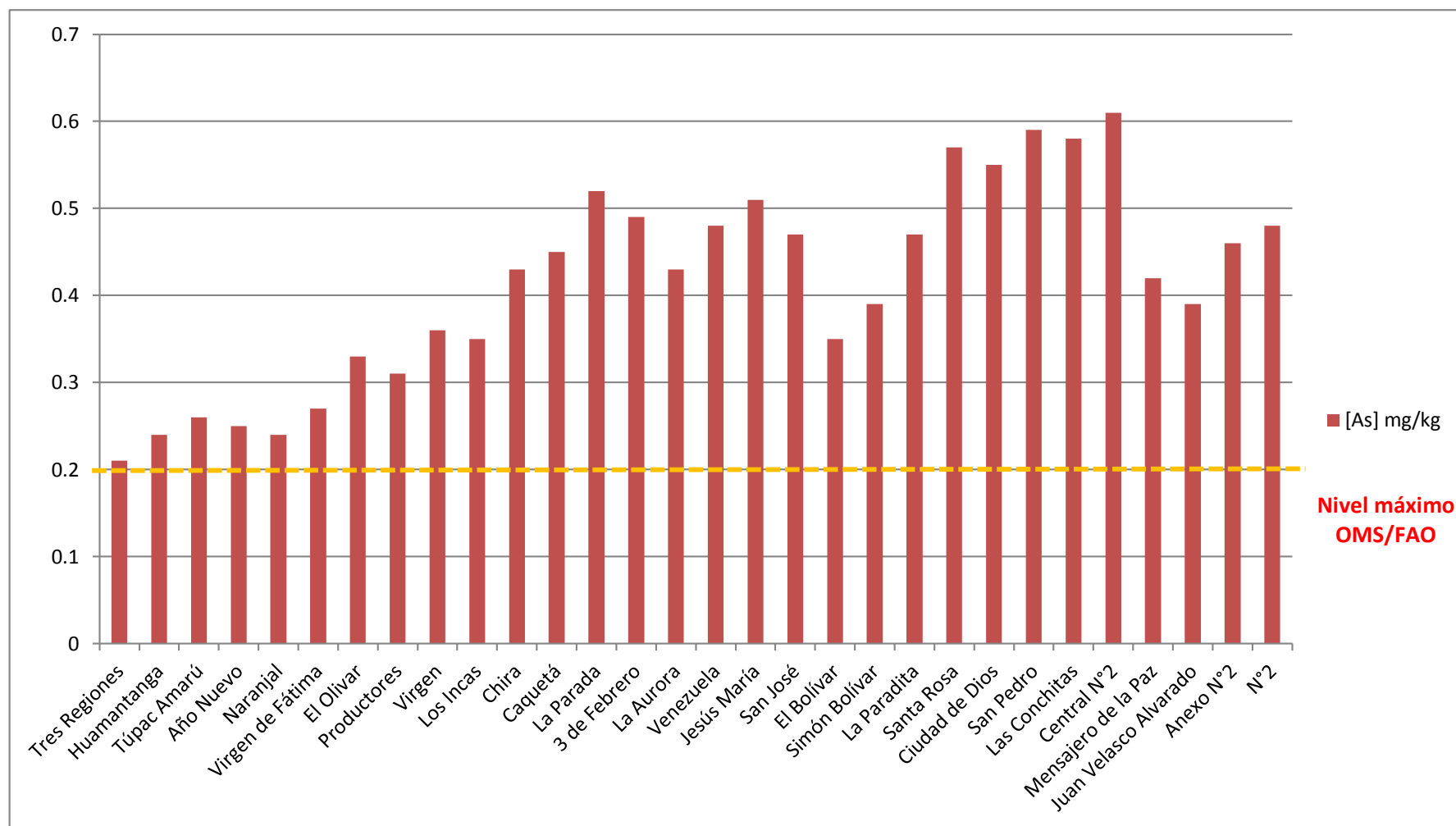


Tabla N° 15. Media de los niveles de Arsénico ($\mu\text{g/kg}$) según distrito.

Distrito	N	Media	sd
Puente Piedra	2	23	2,1
Comas	2	26	0,7
SMP	2	26	2,1
Los Olivos	2	32	1,4
Independencia	2	36	0,7
Rímac	2	44	1,4
La Victoria	2	51	2,1
Cercado de Lima	2	46	3,5
Jesús María	2	49	2,8
Pueblo Libre	2	37	2,8
Chorrillos	2	52	7,1
San Juan de Miraflores	2	57	2,8
Villa María del Triunfo	2	60	2,1
Villa el Salvador	2	41	2,1
Surco	2	47	1,4
Total	30	42	11,6

De la tabla (Ver Tabla N°15) se aprecia que el distrito con mayor media de Arsénico fue Villa María del Triunfo ($60 \mu\text{g/kg}$), seguido por San Juan de Miraflores ($57 \mu\text{g/kg}$).

Figura 21. Media de la Concentración de Arsénico ($\mu\text{g/kg}$) en cada distrito comparado con los Límites máximos establecidos por la OMS/FAO

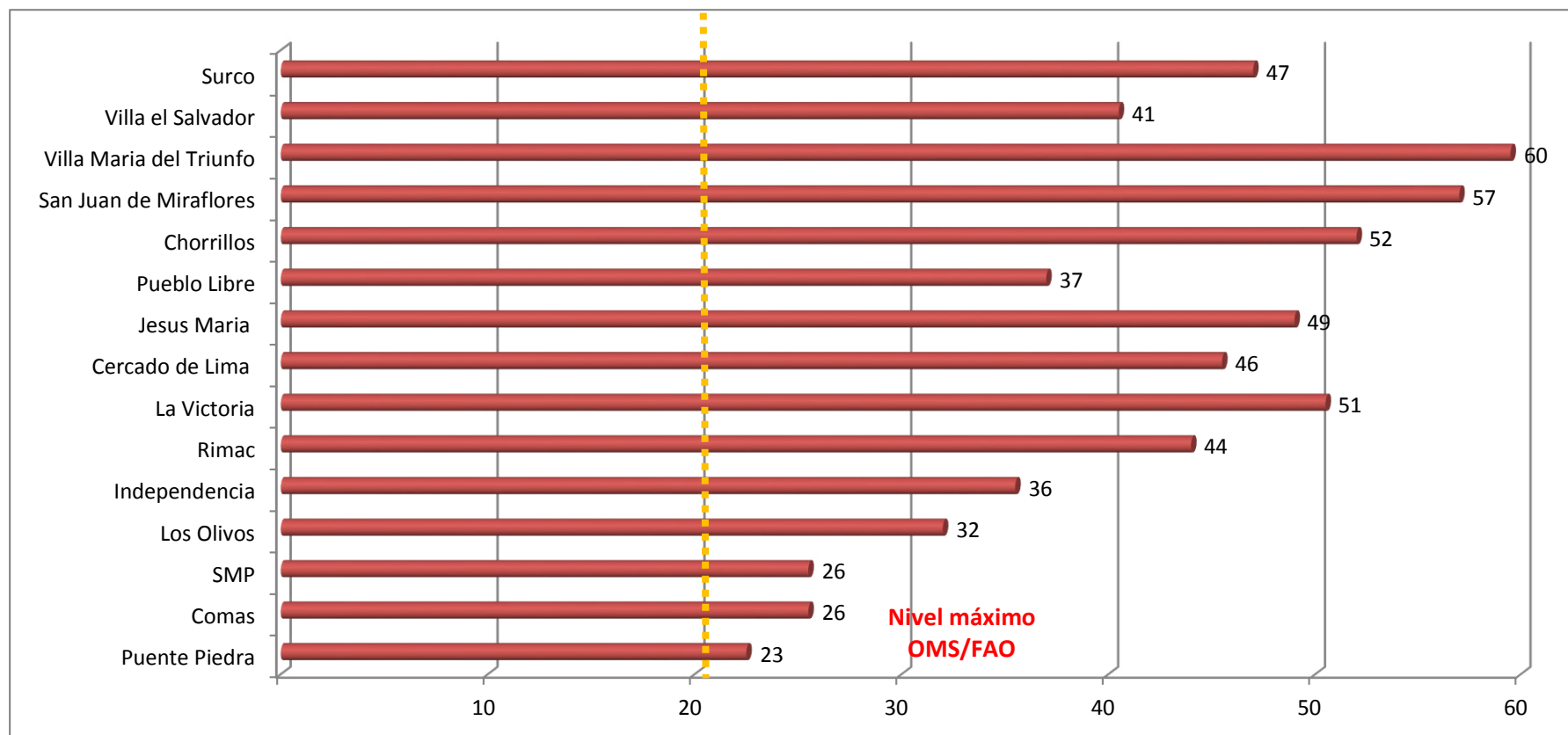


Tabla N° 16. Estadísticas descriptivas de Niveles de Cd (mg/kg) procedentes de la Zona Norte

	Valor
n	10
Media	0,04*
Mediana	0,040
Desviación estándar	0,019
Mínimo	0,020
Máximo	0,080

Valores Referenciales según la OMS/FAO: 0,05 mg/kg

$$*P=0,34>0,05$$

De la tabla (Ver Tabla N°16) se aprecia que la media de los Niveles de Cd es (0,04 mg/kg); el 50% del total de datos presentan niveles menores que 0,40 mg/kg; los datos se desvían con respecto a la media en promedio de 0,019 mg/kg; el valor mínimo es de 0,020 mg/kg y el valor máximo es 0,080 mg/kg. Asimismo, se aprecia que la media de los valores encontrados en la Zona Norte son mayores estadísticamente significativo a los Valores Referenciales según la OMS/FAO: 0,05 mg/kg. (Ver Figura N°22)

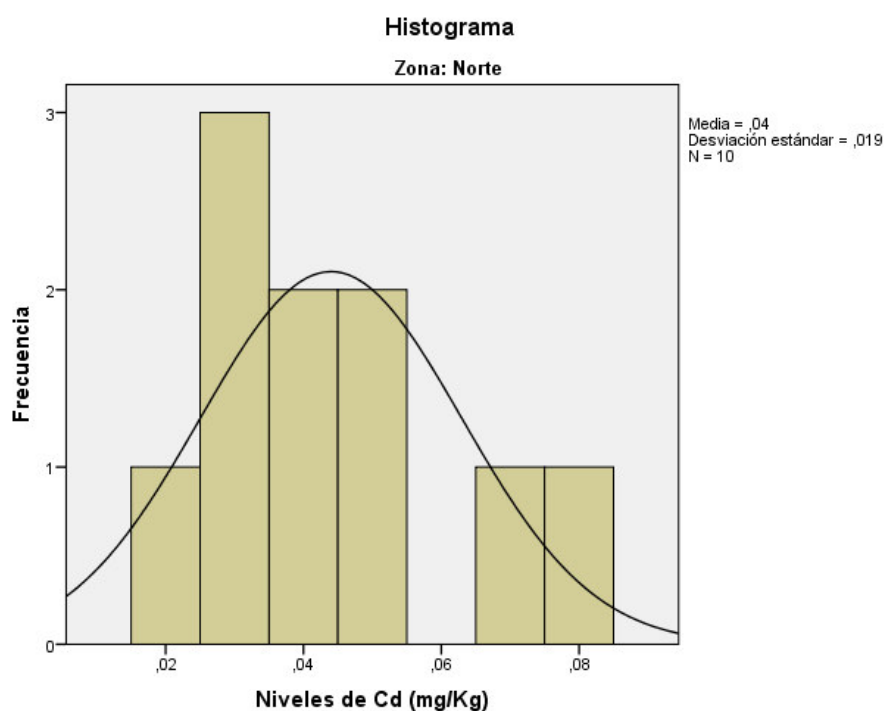


Figura N° 22. Histograma de los Niveles de Cd procedentes de la zona Norte.

Tabla N° 17. Estadísticas descriptivas de Niveles de Cd (mg/kg) procedentes de la Zona Sur

	Valor
n	20
Media	0,06*
Mediana	0,060
Desviación estándar	0,025
Mínimo	0,010
Máximo	0,110

Valores Referenciales según la OMS/FAO: 0,05 mg/kg

$$*P=0,14>0,05$$

De la tabla (Ver Tabla N°17) se aprecia que la media Niveles de Cd es (0,06 mg/kg); el 50% del total de datos presentan niveles menores que 0,060 mg/kg; los datos se desvían con respecto a la media en promedio de 0,025 mg/kg; el valor mínimo es de 0,010 mg/kg y el valor máximo es 0,110 mg/kg. Asimismo, se aprecia que la media de los valores encontrados en la Zona Sur es mayores estadísticamente significativos a los Valores Referenciales según la OMS/FAO: 0,05 mg/kg. (Ver Figura N°23)

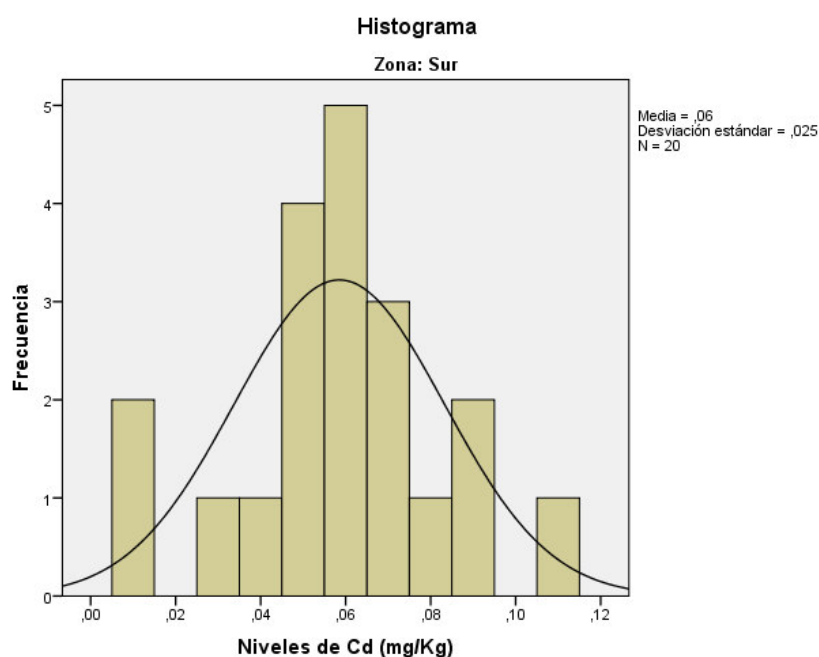


Figura N° 23. Histograma de los Niveles de Cd procedentes de la zona Sur.

Tabla N° 18. Estadísticas descriptivas de Niveles de As ($\mu\text{g/kg}$) procedentes de la Zona Norte

	Valor
n	10
Media	40,3*
Mediana	41,0
Desviación estándar	14,5
Mínimo	21,0
Máximo	61,0

Valores Referenciales según la OMS/FAO: 20 $\mu\text{g/kg}$

* $P=0,002<0,05$

De la tabla (Ver Tabla N°18) se aprecia que la media de los Niveles de As es (40,3 $\mu\text{g/kg}$); el 50% del total de datos presentan niveles menores que 41,0 $\mu\text{g/kg}$; los datos se desvían con respecto a la media en promedio de 14,5 $\mu\text{g/kg}$; el valor mínimo es de 21,0 $\mu\text{g/kg}$ y el valor máximo es 61,0 $\mu\text{g/kg}$. Asimismo, se aprecia que la media de los valores encontrados en la Zona Norte es mayores estadísticamente significativo a los Valores Referenciales según la OMS/FAO: 20 $\mu\text{g/kg}$. (Ver Figura N°24)

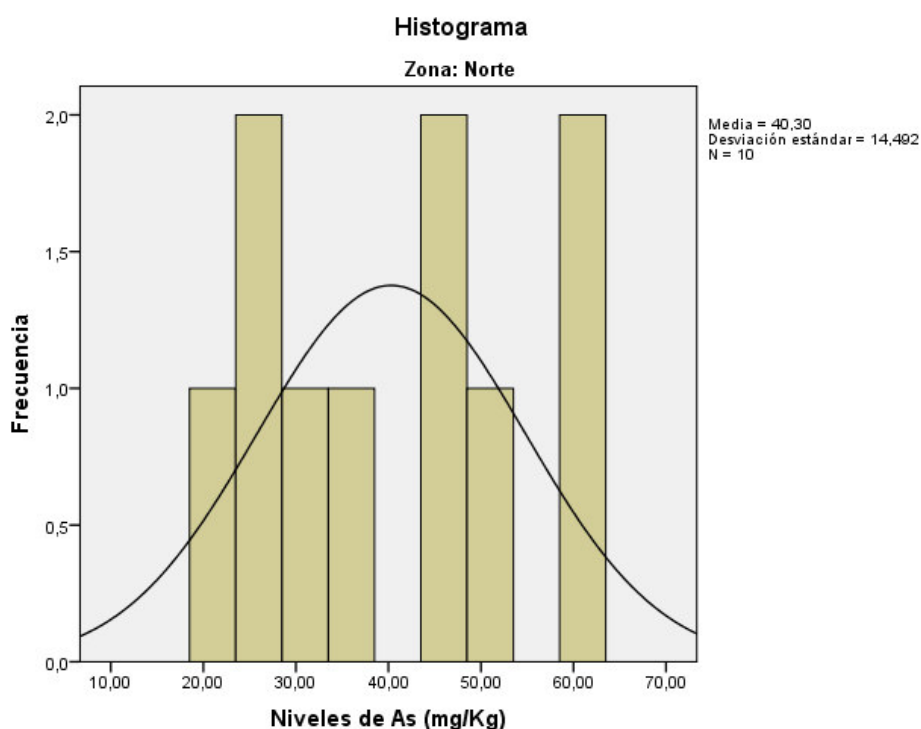


Figura N° 24 Histograma de los Niveles de As procedentes de la zona Norte.

Tabla N° 19. Estadísticas descriptivas de Niveles de As ($\mu\text{g/kg}$) procedentes de la Zona Sur

	Valor
n	20
Media	42,2*
Mediana	43,0
Desviación estándar	10,2
Mínimo	24,0
Máximo	58,0

Valores Referenciales según la OMS/FAO: 20 $\mu\text{g/kg}$

* $P=0,000<0,05$

De la tabla (Ver Tabla N°19) se aprecia que la media Niveles de As es (42,2 $\mu\text{g/kg}$); el 50% del total de datos presentan niveles menores que 43,0 $\mu\text{g/kg}$; los datos se desvían con respecto a la media en promedio de 10,2 $\mu\text{g/kg}$; el valor mínimo es de 24,0 $\mu\text{g/kg}$ y el valor máximo es 58,0 $\mu\text{g/kg}$. Asimismo, se aprecia que la media de los valores encontrados en la Zona Sur son mayores estadísticamente significativos a los Valores Referenciales según la OMS/FAO: 20 $\mu\text{g/kg}$. (Ver Figura N°25)

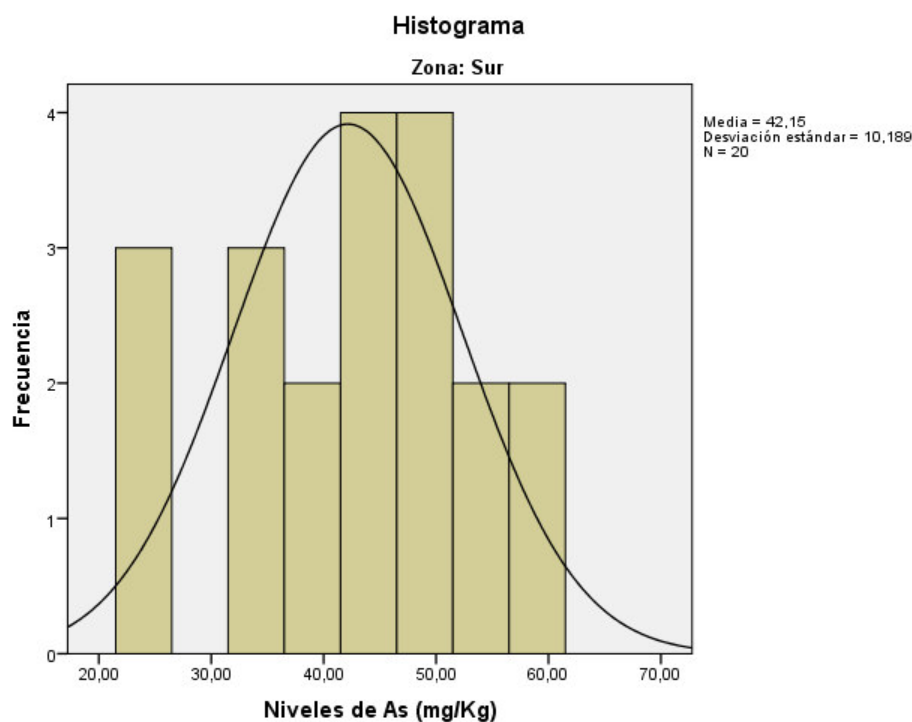


Figura N° 25. Histograma de los Niveles de As procedentes de la zona Sur

Tabla N°20. Comparación de medias de Niveles de Cd (mg/kg) procedentes de la Zona Norte y Zona Sur.

Zona	N	Media	Desviación estándar	t	p
Norte	10	0,04	0,02	1.6	0.11
Sur	20	0,06	0,02		

De la tabla (Ver Tabla N°20) se aprecia que la media del nivel de Cd en la Zona Norte es 0,04 mg/kg \pm 0,02 mg/kg; la media del nivel de Cd en la Zona Sur es 0,06 mg/kg \pm 0,02 mg/kg. No se encontró diferencias significativas de los valores de Cd entre las Zonas Norte y Sur.

$$P = 0,11 > 0,05$$

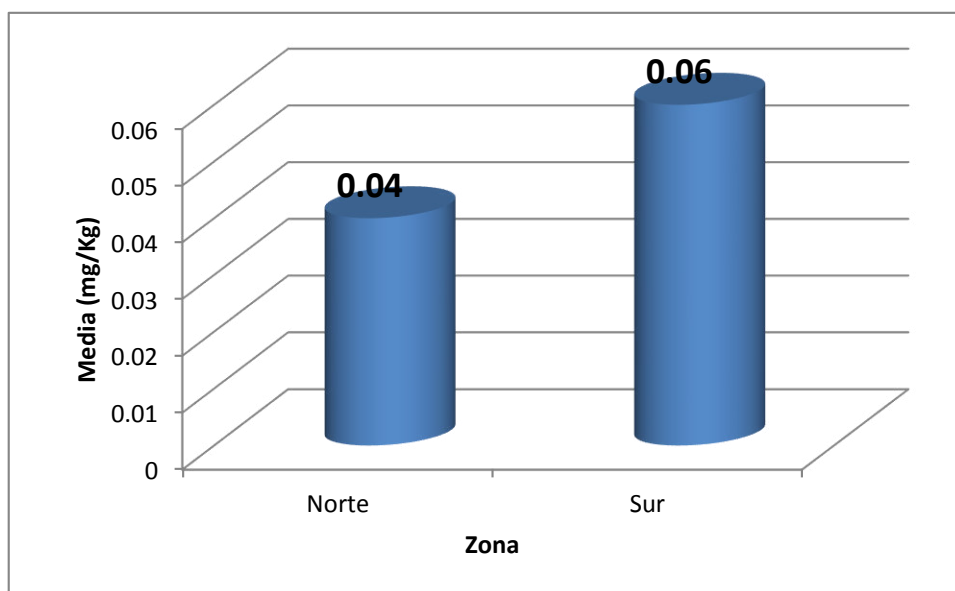


Figura N° 26. Media de la Concentración de Cd procedentes de las zonas Norte y Sur.

Tabla N° 21. Comparación de medias de Niveles de As ($\mu\text{g/kg}$) procedentes de la Zona Norte y Zona Sur

Zona	N	Media	Desviación estándar	t	p
Norte	10	40.3	14.5	0,5	0,69
Sur	20	42.2	10.2		

De la tabla (Ver Tabla N°21) se aprecia que la media del nivel de As en la Zona Norte es $40,3 \mu\text{g/kg} \pm 14,5 \mu\text{g/kg}$; la media del nivel de As en la Zona Sur es $42,2 \mu\text{g/kg} \pm 10,2 \mu\text{g/kg}$. No se encontró diferencias significativas de los valores de As entre las Zonas Norte y Sur.

$$P = 0,69 > 0,05$$

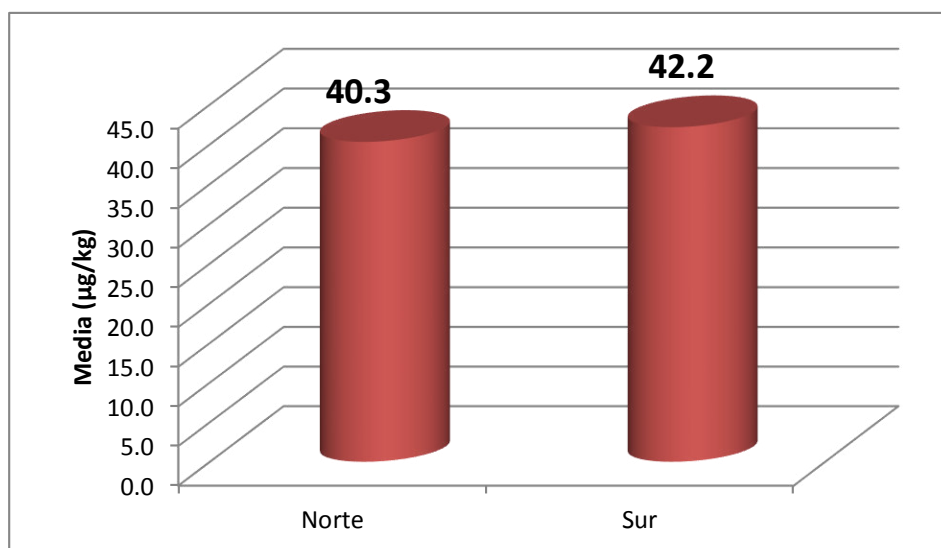


Figura N° 27. Media de la Concentración de As procedentes de las zonas Norte y Sur.

V. DISCUSIÓN

- En el presente estudio, se buscó determinar los Niveles de Cadmio y Arsénico en 30 muestras de cebollas (*Allium cepa*), expandidas en 15 mercados de la Ciudad de Lima, seleccionadas al azar y mediante la técnica analítica de Absorción Atómica – Horno de Grafito. Se escogió esta técnica ya que es altamente sensible y específica además de necesitar muy poca cantidad de muestra para realizar el análisis respectivo en comparación con la técnica analítica de ICP-MS, que tiene como principal desventaja tener mayor coste de operación que la espectroscopia de absorción atómica y también menor precisión en la determinación de los metales. ⁽⁷⁶⁾
- Como se observa en la Figura N° 15, en la mayoría de los mercados, se pudo encontrar cebollas de origen arequipeño representando esto un 67% del total, siendo de las ciudades de Trujillo y Huaral, el 33% restante. Esto nos indica que el principal productor de cebollas es el departamento de Arequipa y por ende uno de los principales distribuidores a los mercados de la capital. Esto coincide con los datos estadísticos brindados por Direcciones Regionales de Agricultura donde indica que la producción de cebollas se concentra principalmente en Arequipa, departamento que participa con más del 56.7% de la producción nacional. ⁽²⁾
- En cuanto a la presencia de Cd y As en las muestras de cebolla, estas presentan una media de 0,06 mg/kg y 42 µg/kg respectivamente, siendo los mercados de los distritos de Cercado de Lima con 0,11 mg/kg y El Rímac con 0,10 mg/kg los que presentan la mayor media para el caso del Cadmio y los mercados de Villa María del Triunfo con 60 µg/kg seguido por San Juan de Miraflores con 57 µg/kg para el caso del Arsénico. Como podemos observar en la Tabla N° 6, los mercados que presentan valores elevados de Cadmio, expenden cebollas de origen arequipeño, y estas muestras sobrepasan el límite máximo establecido por la OMS/FAO (0,05 mg/kg).

Se sabe que Arequipa es una de las principales regiones productoras de minería metálica a nivel nacional, contando con varias de las principales minas en cuanto a producción se refiere, siempre ubicándose entre los primeros productores en una comparación frente a otras regiones ⁽³⁸⁾. El hecho de que la concentración de Cd en las muestras de cebollas de origen arequipeña sea elevado y sobrepase los valores máximos establecidos por la OMS/FAO, puede deberse a que el agua que usan los agricultores para regar los cultivos, se encuentra contaminada y/o contienen además cantidades significativas de este y otros metales. Debido a que no hay un control de parte de los organismos medioambientales, el agua utilizada para el riego de estas cebollas, puede sobrepasar los valores establecidos en la normativa peruana (ECA para agua de categoría 3 para Cd 0.01 ppm), aumentando así la posibilidad de absorción de este metal y por lo cual presentan los valores elevados. ⁽⁴⁰⁾ Respecto a la contaminación del agua para riego con relaves mineros, a nivel nacional, el 32% reportó que el agua está contaminada con relaves mineros, una diferencia de poco más del 13% respecto al promedio de la región Arequipa ⁽³⁸⁾.

- Al comparar los niveles tanto de Cadmio y Arsénico, según el lugar de origen de las muestras, podemos observar en las Figuras N°26 y N° 27 respectivamente, que los valores de ambos metales en la Zona Sur (Arequipa), es superior a los valores encontrados en la Zona Norte (Trujillo y Huaral). Esto se sustentaría en la información dada por Pineda (2004), quien afirma que las actividades geológicas naturales, como desgastes de cerros y volcanes, constituyen una fuente de aportaciones importante de metales pesados al suelo. También las actividades antropogénicas como la industria minera, que está catalogada como una de las actividades industriales más generadora de metales pesados ⁽⁵²⁾.

- Para el caso del Arsénico, en la Tabla N° 13 podemos ver que los mercados que presentaron la concentración elevada de este metal expenden cebollas procedentes de Arequipa, así como también de Huaral y Trujillo. Según las diferentes concentraciones halladas en las muestras analizadas, las cebollas de origen Arequipeño presentan valores más elevados (42.2%) comparados con las cebollas provenientes de Trujillo y Huaral (40.3%) como apreciamos en la Figura N° 27 y aunque estos resultados no difieren mucho entre sí, diversos factores pueden incurrir a esta diferencia. Se sabe que la forma de cultivo varía de región en región y debido a que en Arequipa se concentran muchos más yacimientos mineros comparados con la Zona Norte (Trujillo y Huaral) esto puede influir directamente en las hortalizas, sumado al mal manejo de residuos sólidos, cuya consecuencia puede incidir directamente en el agua utilizada para el riego de estos vegetales, la alta movilidad de estos metales, así como su biodisponibilidad en suelos ⁽³⁸⁾.
- Se sabe que la cebolla (*Allium cepa*) al ser cultivada en suelos contaminados con Arsénico puede acumular el metaloide en las raíces (300 µg/kg) en mayor cantidad que en los bulbos y hojas ⁽⁵⁶⁾. Se corrobora que la cebolla (*Allium cepa*) tiene la capacidad de reflejar los niveles de arsénico existentes en el ambiente en el cual son cultivados como: suelos, agua y atmósfera, pudiendo acumular Arsénico en los bulbos, las hojas y las raíces, pero es en las raíces donde se acumula mayor cantidad de Arsénico ⁽⁵⁶⁾. Esto explicaría porque los valores de este metal son más altos en comparación con el Cadmio, ya que en todas las muestras que se han analizado, estas se expenden en los mercados y cuentan con las raíces, siendo este medio por el que se absorbe la mayor cantidad de contaminante justificándose así que presenten una concentración de este metal, por encima de la establecida por el Codex.

- Según un estudio realizado en el mercado modelo de Piura, se halló la concentración de diferentes metales, entre ellos el Cadmio, en muestras de varias hortalizas siendo una de ellas la cebolla. Se hallaron niveles de Cadmio insignificantes en la mayoría de las muestras analizadas, por lo que es evidencia para descartar los fertilizantes como fuente de contaminación, dado que la mayoría de los fertilizantes (sobre todo los fosforados) contienen grandes cantidades de este metal. El tomate y la cebolla mostraron niveles por debajo de la una parte por millón ⁽¹⁰⁾. Este estudio respalda los resultados hallados en la Figura N° 26 de porque la concentración de este metal en las muestras procedentes de la Zona Norte es menor, en comparación con las concentraciones halladas de las muestras de procedencia del a Zona Sur, demostrando así también que el lugar de origen influye de manera significativa en la presencia de los metales pesados en los alimentos.
- Es necesario mencionar también que las muestras de Allium cepa recolectadas para el análisis respectivo, fueron escogidas al azar en los diferentes distritos, con esto se evidencia que el nivel socioeconómico de cada distrito no es un factor relevante a tomar en cuenta, ya que de igual manera estas hortalizas se encuentran expuestas a metales pesados, siendo si un factor determinante el lugar de origen de las muestras.

VI. CONCLUSIONES

1. La concentración promedio de Arsénico en las muestras de cebolla (*Allium cepa*) expendidas en los mercados de la Ciudad de Lima es de 42,0 µg/kg, siendo la concentración máxima de 61,0 µg/kg y la mínima de 21,0 µg/kg.
2. La concentración promedio de Cadmio en las muestras de cebolla (*Allium cepa*) expendidas en los mercados de la Ciudad de Lima es de 0,06 mg/kg siendo la concentración máxima de 0,11 mg/kg y la mínima de 0,02 mg/kg.
3. El 90% de las muestras de cebolla (*Allium cepa*) que se expenden en la Ciudad de Lima, presenta una concentración de Arsénico que supera los Límites Máximos Permisibles dados por el Codex Alimentarius, OMS/FAO (0-20 µg/kg).
4. El 53.3% de las muestras de cebolla (*Allium cepa*) que se expenden en la Ciudad de Lima, presenta una concentración de Cadmio que supera los Límites Máximos Permisibles dados por el Codex Alimentarius, OMS/FAO (0,05 mg/kg).

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios similares en alimentos sobre todo hortalizas que provienen de los diferentes departamentos del Perú, ya que muchos de estos tienen importancia en la dieta diaria y debido a diversos factores como el agua, suelo y aire pueden presentar niveles altos de diversos contaminantes y/o metales pesados por lo cual es importante monitorear la concentración de estos.
- Realizar trabajos de investigación referente a la presencia de Cadmio y Arsénico en suelos y agua ya que estos forman parte del desarrollo de los cultivos, y son las principales fuentes de contaminación pudiendo variar de un lugar a otro ya que la forma de cultivo es diferente según el lugar de origen, y asimismo también los niveles de estos metales pesados pueden ser diferentes.
- Es necesario dar a conocer la población el impacto a la salud que puede causar el consumo excesivo de hortalizas contaminadas y la influencia negativa que puede causar a largo plazo.
- Se recomienda dar a conocer a las autoridades competentes estos resultados, con el fin de que se puedan implementar medidas de seguridad alimentaria y establecer parámetros que controlen los niveles máximos de metales pesados en alimentos y así poder realizar un mejor seguimiento a las actividades agrícolas en nuestro país.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acosta A, Gaviota J, Galmarini C. *Producción de semilla de cebolla (Allium cepa L.)*. Mendoza, Argentina; 1993.
2. Apcho E, Caballero M, Miranda R. *Planeamiento estratégico de la cebolla en el Perú al 2027*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú; 2017.
3. Badajoz O. *El cultivo de la cebolla* [Internet]. 2016. Disponible en <https://www.olivosdebadajoz.com/PLANTAS-DE-HORTALIZA/Cebollinos.pdf>
4. Barceló J, Poschenrieder C. *Respuesta de las plantas a la contaminación por metales pesados*. Universidad Autónoma de Barcelona., España; 1992.
5. Beaty R, Kerber J. *Concepts, Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrophotometry*. Connecticut, Estados Unidos: PerkinElmer Instruments; 2003.
6. Blog Tierra Isleña. *Beneficios y propiedades de la cebolla* [Internet]. 2014. Disponible en: <http://xn--tierra-islea-khb.com/propiedades-y-beneficios-de-la-cebolla/>
7. Bravo A, Lengua C, Aguirre M, Ale B, Tomas C, Muñante F. Determinación de metales tóxicos en algunos alimentos vegetales de la zona del valle de Ilo. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química* 7, 30-35. 2004.
8. Cabascango S. *Determinación microbiológica y de metales pesados en berro (Nasturtium officinale R. Br.) expandido en los diferentes mercados del Distrito Metropolitano de Quito*. Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador, Quito, Ecuador; 2016.
9. Cahuasqui S. *Determinación de metales pesados (plomo, cadmio y níquel) en el cilantro (Coriandrum sativum L) en Aloag cantón Mejía, provincia de Pichincha por Espectrofotometría de absorción atómica de llama*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador; 2011.

10. Calderón E. *Concentración de metales pesados en hortalizas que se comercializan en el mercado modelo de Piura*. Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú.
11. Calderón E, Concha R. *Evaluación de concentraciones de metales pesados para determinar la calidad de frutas de consumo masivo en la Ciudad de Piura*. Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú; 2012.
12. Chevallier L. *El libro antitóxico*. España: Edaf Editorial; 2016.
13. Chuchón M, Chumbipuma M. *Determinación de plomo, cadmio y arsénico en arroz (Oryza sativa) expendido en el mercado Municipal 3 de Febrero-Distrito de la Victoria Provincia de Lima-Período de Junio-Noviembre 2015*. Universidad Norbert Wiener, Lima, Perú; 2015.
14. Corey O, Galvao G. *Cadmio*. Serie Vigilancia 1 OPS/OMS., México; 1987.
15. Ellemhorn M. Medical Toxicology. *Williams & Wilkins*; 1996.
16. Escobar S, Mastrocola N. *Determinación de la presencia de plomo y cadmio en frutilla (Fragaria ananassa) y tomate (Solanum lycopersicum) en el Quinche*. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador; 2016.
17. European Food Safety Authority (EFSA). Cadmium in food. *The EFSA Journal.*, 1-139; 2009.
18. FAO/OMS. Codex Alimentarius. (Modificado en 2016). Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. *CODEX STAN 193-1995*, 40-46.
19. FAO/WHO Food Standards Programme Codex Committee on Contaminants in Foods. (Modified 2017). Working document for information and use in discussions related to contaminants and toxins in the gsctff. cf/11 inf/1. 13- 29. 54. .
20. Fiallos M. *Cuantificación de metales pesados y calidad microbiológica de frutas y vegetales que se expenden en el mercado mayorista de la ciudad de Ambato*. Universidad Técnica de Ambato, Tungurahua, Ecuador; 2017.

21. Gallagher C, Moonga B, Kovach J. Cadmium, follicle-stimulating hormone, and effects on bone in women age 42-60 years, NHANES III. *Environmental Research*, 105-111; 2010.
22. Gerencia Regional de Agricultura. (2017). *Reporte de inteligencia de mercados de la cebolla* [Internet]. 2017. Disponible en: http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/inteligencia_de_mercado_de_la_cebolla_2.pdf
23. Gisbert J. *Medicina Legal y Toxicología*. España: Editorial España; 2004..
24. Gisbert J. *Medicina legal y Toxicología*. Masson Editores, Barcelona, España; 2001.
25. Gonzáles S. *Determinación cuantitativa de plomo, cadmio y mercurio en huevos de gallina de venta en mercados populares del cono norte de Lima-Perú*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú; 2015.
26. Gonzáles E. Toxicocinética y evaluación de riesgos para la salud producidos por exposición a cadmio. XXXV, 3-17; 1998.
27. Gorin R. *Cebolla en zona tropical*. Francia; 1997.
28. Guenkov G. Fundamentos de horticultura cubana. *Edición Revolucionaria*. La Habana, Cuba; 1969.
29. Huanri J. *Determinación de plomo y arsénico en jugo de caña de azúcar (Saccharum officinarum) por espectroscopia de absorción atómica en Lima Metropolitana*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú; 2014.
30. Huerres C, Caraballo N. Horticultura; 1998.
31. Hughes F, Beck D, Chen Y, Lewis A, Thomas D. Arsenic exposure and toxicology: a historical perspective. *Toxicol Sci*, 123-305; 2011.
32. INEI. *Censo 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática, Perú; 2017.
33. Interntional Agency for Research On Cancer. Beryllium, Cadmium, Mercury, and exposures in the glass manufacturing industry. *IARC Monographs on the evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, 8-12; 1993.

34. Kjellstrom T, Nordberg G. *A kinetic model of Cd metabolism in the human being*; 1978.
35. Madejón P. *Elementos traza y nutrientes en plantas y suelos afectados por el vertido minero de Aznalcóllar*. Universidad de Sevilla, Sevilla, España; 2004.
36. Manso T, Álvarez R, Muñoz L, Enríquez I, Mesquita P. *Cebolla: manejo de la producción, agro-industria y producción de semilla en condiciones tropicales. Ofi cina Regional para América y El Caribe de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT)*;1992.
37. Mercado M, Jorge G, Quintanilla. Evaluación de los niveles de contaminación por plomo y arsénico en muestras de suelos y productos agrícolas procedentes de la región cercana al Complejo metalúrgico Vinto. *Revista Boliviana de Química*, v26; 2009.
38. Ministerio de Producción del Perú. *Estudio de Diagnóstico de Crecimiento de la Región Arequipa*. (G. d. Perú, Productor) [Internet]. 2014. Disponible en: http://demi.produce.gob.pe/Content/files/EstRegionales/Reporte%20Arequipa_px_Alta.pdf.
39. Ministerio de Salud - Dirección Regional de Salud de las personas. Guía de Práctica Clínica para el Diagnóstico y Tratamiento de la Intoxicación por Cadmio (R.M N° 757-2013/MINSA). Estrategia Sanitaria Nacional de Vigilancia y Control de Riesgos por Contaminación con metales pesados y otras sustancias químicas; 2015.
40. Ministerio del Ambiente (MINAM). Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. DS-N°015- 2015- MINAM. 56; 2015.
41. MINSA. *Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y gestión de los Datos, aprobado según R.D. 1404/2005/DIGESA/SA*. Ministerio de Salud, Lima, Perú; 2005.
42. Miranda D, Carranza C, Rojas C, Jerez C, Ficher G, Zurita J. Acumulación de metales pesados en suelo y plantas de cuatro cultivos hortícolas, regados con agua del río Bogotá. *Revistas Colombiana de Ciencias Hortícolas*. Vol. 2 - No.2 - pp. 180-191; 2008.

43. Moreiras O, Carbajal A, Cabrera L, Cuadrado C. Tablas de composición de alimentos. Guía de prácticas. *Ediciones Pirámide (Grupo Anaya, SA)*., ISBN: 978- 84-368-3623-3; 2016.
44. Moreno M. *Acumulación de Plomo en Lactuca sativa expuesta a diferentes tiempos y concentraciones de acetato de plomo en condiciones de laboratorio*. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú; 2013.
45. Norwell W, Wu J, Hopkins D, Welch R. Association of cadmium in durum wheat grain with soil chlorine and chelate-extractable soil cadmium. *Soil Science of Society of America Journal*., 162-2168; 2000.
46. Núñez A, Martínez S, Moreno S, Cárdenas M, García G, Hernández J, Rodríguez A. *Determinación de metales pesados (aluminio, plomo, cadmio y níquel) en rábano (Raphanus sativus L), brocoli (Brassica oleracea L. var italica) y calabacín (Cucurbita pepo L. var. italica)*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México; 2011.
47. Faroon Obaid, Ashizawa Annette, Wright Scott. (26 de Febrero de 2009). *Toxicological Profile for Cadmium*. Obtenido de <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/TP.asp?id=48&tid=15>
48. Offerget JA, Roels H, Buchet JP, Lawrerys R. Relation between airborne arsenic trioxide and urinary excretion of inorganic arsenic and his methylated metabolites. *Br J Ind Medicine*, 397; 1992.
49. Olivares S, García D, Cazorla L, Saborit I, Llizo A. Niveles de cadmio, plomo, cobre y zinc en hortalizas cultivadas en una zona altamente urbanizada de la ciudad de La Habana, Cuba. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, v29 N°4; 2013.
50. Pavez F, Chen Y, Yunus M, Olapoda C, Segers S, Slawkonich V. *Arsenic exposure and impaired lung function.*; 2013.
51. Pierce L. *Vegetables, characteristics, production and marketing*. Estados Unidos; 1987.

52. Pineda G. *Transferencia del arsénico en cultivares de la zona agrícola centro sur del estado de Chihuahua*. CIMAV, México; 2016.
53. Pineda H. *Presencia de Hongos Micorrízicos Arbusculares y Contribución de Glomus Intraradices en la Absorción y Translocación de Cinc y Cobre en Girasol (Helianthus Annuus L.) Crecido en un Suelo Contaminado con Residuos de Mina*. Universidad de Colima, Colima, México; 2004.
54. Piotrowski J, Coleman D. *Environmental Hazards of Heavy Metals: Summary Evaluation of Pb, Cd and Hg*. University of London, London, Reino Unido; 1990.
55. Prieto J, Gonzáles C, Román A, Prieto F. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10, 29-44; 2009.
56. Prieto-García F, Callejas J, Lechuga M, Gaytán J, Barrado E. *Acumulación en tejidos vegetales de arsénico provenientes de aguas y suelos de Zimapan*. Bioagro, Estado de Hidalgo, México; 2006.
57. Prince W, Kumar S, Doberschütz K, Subburam V. Cadmium toxicity in mulberry plants with special reference to the nutritional quality of leaves. *Journal of Plant Nutrition*, 689-700; 2002.
58. Ramírez A. Toxicología del Cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental y ocupacional con indicadores biológicos. . *Anales de la Facultad de Medicina*, 63; 2002.
59. Ramírez A. *Exposición ocupacional y ambiental al arsénico*. Anales de la Facultad de Medicina., Lima; 2013.
60. Reís A. *Manual de oleicultura, cultura e comercialização de hortaliças*. São Paulo, Brasil: ditora Agronômica “Ceres” LTDA; 1982.
61. Rodríguez-Serrano M, Martínez-de la Casa N, Romero-Puertas M, del Río L, Sandalio L. (2008). Toxicidad del Cadmio en Plantas. *Ecosistemas* 17, 139-146; 2008.

62. Rubio C, AJ G, Martín-Izquierdo R, Revert C, Lozano G, Hardisson A. El plomo como contaminante alimentario. *Revista de Toxicología* 21, 72-80; 2004.
63. Ruiz M. *Evaluación de la acumulación de Arsénico por alfalfa*. . Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro., Torreón, Coahuila, México; 2011.
64. Ruiz E, Armienta M. Acumulación de Arsénico y metales pesados en maíz en suelos cercanos a jales o residuos mineros. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, v28 N°2; 2012.
65. Saavedra M. *Estudio de contaminación con metales pesados en las riberas del Río Piura*. Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú: 2002.
66. Servicio Nacional de Sanidad Agraria. Informe del monitoreo de residuos químicos y otros contaminantes en granos de quinua (*Chenopodium quinoa*); 2014.
67. Skoog D, Holler F, Nieman. *Principios de análisis instrumental*. Madrid, España: Mc. Graw Hill; 2001.
68. Swaran J S, Vidhu Pachauri. (07 de 2011). *Chelation in Metal Intoxication*. (I. J. Health., Ed.) Obtenido de Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2922724/?tool=pubmed>.
69. Tufo A. *Retención de contaminantes metálicos y arsénico por oxo(hidr)óxidos de hierro puros y sustituidos*. Biblioteca Digital FCEN-UBA, Argentina; 2013.
70. Vega D, Salamanca Á. Contenidos de plomo en acelga común *Beta vulgaris* L. producida en el contexto de la agricultura urbana. *Luna Azul* ISSN, 1909-2474; 2015.
71. Blog de los alimentos. *Vitaminas de la cebolla*. Disponible en: <https://alimentos.org.es/vitaminas-cebolla>
72. Carbajal A. *La cebolla, una aliada para tu salud*. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España; 2016.
73. OSHA. Agencia de Seguridad y Salud Ocupacional de EE. UU. Normas y regulaciones internacionales para Arsénico inorgánico. 2010.

74. Suárez M, Gónzales-Delgado F, Gónzales D, Rubio C y Hardisson A. Análisis, diagnóstico y tratamiento de las intoxicaciones arsenicales. *Cuaderno de Medicina Forense* N°35, Málaga, España. 2004.
75. García S. *Estudios de Especialización de Arsénico y Acumulación de metales en muestras de interés medioambiental*. Universidad Politécnica de Madrid,. España. 2013.
76. Gomis V. *Espectroscopia de emisión y absorción atómica*. Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante, España. 2008.

ANEXOS



INFORME DE ENSAYO
N° 011-2018

Cliente : SRTA. MAYRA JUAN DE DIOS MIRANDA
Referencia USAQ : 006-01/30
Muestras : CEBOLLAS
Tema de Tesis : Niveles de Arsénico y Cadmio en Muestras de Cebolla (Allium cepa) Expendidas en la Ciudad de Lima.
Cotización : 014-015-016-017-018-2018/USAQ-FQIQ
Fecha de Recepción : 23/01/2018
Fecha de Emisión : 21/02/2018

RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACION	RESULTADOS (mg/Kg)
006-01	CEBOLLA MERCADO "3 REGIONES" PUENTE PIEDRA - 1	CADMIO ARSENICO	0.03 0.21
006-02	CEBOLLA MERCADO "HUAMANTANGA" PUENTE PIEDRA - 2	CADMIO ARSENICO	0.02 0.24
006-03	CEBOLLA MERCADO "TUPAC AMARU" COMAS - 3	CADMIO ARSENICO	0.05 0.26

Muestra Proporcionados por el Cliente.

IE-011-2018 MAYRA JUAN DE DIOS MIRANDA.doc (Página 1 de 1)

RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACION	RESULTADOS (mg/Kg)
006-04	CEBOLLA MERCADO "AÑO NUEVO" COMAS - 4	CADMIO ARSENICO	0.06 0.25
006-05	CEBOLLA MERCADO "NARANJAL" S.M.P - 5	CADMIO ARSENICO	0.06 0.24
006-06	CEBOLLA. MERCADO "VIRGEN DEL FATIMA" S.M.P - 6	CADMIO ARSENICO	0.03 0.27
006-07	CEBOLLA MERCADO "EL OLIVAR" LOS OLIVOS - 7	CADMIO ARSENICO	0.07 0.33
006-08	CEBOLLA MERCADO "PRODUCTORES" LOS OLIVOS - 8	CADMIO ARSENICO	0.04 0.31

Muestra Proporcionada por el Cliente.

IE-011-2018 MAYRA JUAN DE DIOS MIRANDA.doc *RJ* (Página 2 de

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACION	RESULTADOS (mg/Kg)
006-09	CEBOLLA MERCADO "VIRGEN" INDEPEDENCIA - 9	CADMIO ARSENICO	0.05 0.36
006-10	CEBOLLA MERCADO "LOS INCAS" INDEPENDENCIA - 10	CADMIO ARSENICO	0.07 0.35
006-11	CEBOLLA MERCADO "CHIRA" RIMAC - 11	CADMIO ARSENICO	0.09 0.43
006-12	RIMAC MERCADO "CAQUETA" RIMAC - 12	CADMIO ARSENICO	0.1 0.45
006-13	CEBOLLA MERCADO "LA PARADA" LA VICTORIA - 13	CADMIO ARSENICO	0.08 0.52

Muestra Proporcionada por el Cliente.

IE-011-2018 MAYRA JUAN DE DIOS MIRANDA.doc (Página 3 de 3)

RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACION	RESULTADOS (mg/Kg)
006-14	CEBOLLA MERCADO "3 DE FEBRERO" LA VICTORIA - 14	CADMIO ARSENICO	0.09 0.49
006-15	CEBOLLA MERCADO "LA AURORA" CERCADO DE LIMA - 15	CADMIO ARSENICO	0.11 0.43
006-16	CEBOLLA "VENEZUELA" CERCADO DE LIMA - 16	CADMIO ARSENICO	0.1 0.48
006-17	CEBOLLA "JESUS MARIA" JESUS MARIA - 17	CADMIO ARSENICO	0.08 0.51
006-18	CEBOLLA "SAN JOSE" JESUS MARIA - 18	CADMIO ARSENICO	0.07 0.47

Muestra Proporcionada por el Cliente.

IE-011-2018 MAYRA JUAN DE DIOS MIRANDA.doc (Página 4 de 7)

RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACION	RESULTADOS (mg/Kg)
006-19	CEBOLLA MERCADO "EL BOLIVAR" PUEBLO LIBRE - 19	CADMIO ARSENICO	0.05 0.35
006-20	CEBOLLA MERCADO "SIMON BOLIVAR" PUEBLO LIBRE - 20	CADMIO ARSENICO	0.06 0.39
006-21	CEBOLLA MERCADO "LA PARADITA" CHORRILLOS - 21	CADMIO ARSENICO	0.04 0.47
006-22	CEBOLLA MERCADO "SANTA ROSA" CHORRILLOS - 22	CADMIO ARSENICO	0.05 0.57
006-23	CEBOLLA MERCADO "CIUDAD DE DIOS" S.J.M. - 23	CADMIO ARSENICO	0.06 0.55

Muestra Proporcionada por el Cliente.

IE-011-2018 MAYRA JUAN DE DIOS MIRANDA.doc (Página 5 de 7)

RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACION	RESULTADOS (mg/Kg)
006-24	CEBOLLA MERCADO "SAN PEDRO" S.J.M. - 24	CADMIO ARSENICO	0.04 0.59
006-25	CEBOLLA MERCADO "LAS CONCHITAS" V.M.T. - 25	CADMIO ARSENICO	0.07 0.58
006-26	CEBOLLA MERCADO "CENTRAL N°2" V.M.T. - 26	CADMIO ARSENICO	0.03 0.61
006-27	CEBOLLA MERCADO "MENSAJERO DE LA PAZ" VILLA EL SALVADOR - 27	CADMIO ARSENICO	0.05 0.42
006-28	CEBOLLA MERCADO "JUAN VELASCO ALVARADO" VILLA EL SALVADOR - 28	CADMIO ARSENICO	0.06 0.39

Muestra Proporcionada por el Cliente.

IE-011-2018 MAYRA JUAN DE DIOS MIRANDA.doc (Página 6 de 7)

RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACION	RESULTADOS (mg/Kg)
006-29	CEBOLLA MERCADO "ANEXO N°2" SURCO - 29	CADMIO ARSENICO	0.05 0.46
006-30	CEBOLLA MERCADO "N°2" SURCO - 30	CADMIO ARSENICO	0.03 0.48

Muestra Proporcionada por el Cliente.

Método: DETERMINACIÓN DE METALES POR ABSORCIÓN ATÓMICA METALES GFAAS USAQ-ME-04


PERCY YAQUE LÓPEZ MARILUZ
QUÍMICO
CQP. 876

Nota: El presente informe sólo es válido en su estado original y se refiere únicamente a la muestra analizada, cualquier corrección o enmienda en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.

Observ.: La muestra podrá ser devuelta después del plazo de 15 días calendarios de entregado el Informe de Ensayo, pasado ese tiempo no se aceptarán reclamos ni devoluciones y la muestra pasará automáticamente al proceso de deshechos.

IE-011-2018 MAYRA JUAN DE DIOS MIRANDA.doc (Página 7 de 7)